

551
G27p1s

MANDALI HOEPLI

III

GEOGRAFIA FISICA

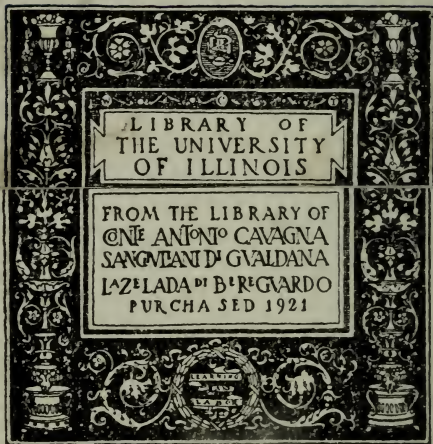
GEIKIE — STOPPANI



~~G II~~

~~D I~~

D₃-3-17



551
G27pIs





MANUALI HOEPLI.

~~~~~

# GEOGRAFIA FISICA

DI  
*ARCIBOLDO GEIKIE*

Direttore dell'Istituto geologico di Scozia  
e Professore di geologia e mineralogia nell'Università di Edimburgo.

*Tradotta sulla sesta edizione inglese*

DA  
ANTONIO STOPPANI.

CON 20 INCISIONI.



ULRICO HOEPLI,

LIBRAIO-EDITORE,

MILANO

NAPOLI

i  
1878.

PISA.

---

PROPRIETÀ LETTERARIA.

---

*Milano, coi tipi di G. Bernardoni.*

205438M. SEXTON

551  
G 27 P I S

## INDICE.

—

|                                                                                     | SS      | Pag. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|
| INTRODUZIONE . . . . .                                                              | I-14    | I    |
| FIGURA DELLA TERRA . . . . .                                                        | 17-26   | 9    |
| IL GIORNO E LA NOTTE . . . . .                                                      | 27-38   | 14   |
| L' ARIA:                                                                            |         |      |
| I. Composizione dell'atmosfera . . . . .                                            | 39-44   | 18   |
| II. Riscaldamento e raffreddamento dell'aria . . . . .                              | 45-60   | 20   |
| III. I venti come effetto del riscaldamento e<br>raffreddamento dell'aria . . . . . | 61-69   | 26   |
| IV. Evaporazione e condensazione dell'ac-<br>qua nell'atmosfera . . . . .           | 70-81   | 30   |
| V. Rugiada, brina, nebbia, nubi . . . . .                                           | 82-89   | 34   |
| VI. Formazione della pioggia e della neve . . . . .                                 | 90-97   | 36   |
| Sommario . . . . .                                                                  | 98      | 42   |
| DELL' IDROGRAFIA, OSSIA DELLA CIRCOLA-<br>ZIONE DELLE ACQUE SULLA TERRA:            |         |      |
| I. Che avviene della pioggia . . . . .                                              | 99-107  | 43   |
| II. Origine delle sorgenti . . . . .                                                | 108-116 | 47   |
| III. Lavoro sotterraneo delle acque . . . . .                                       | 117-125 | 52   |

908436

|                                                                                                                             | SS      | Pag. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|
| IV. Degradazione della superficie terrestre . . . . .                                                                       | 126-142 | 56   |
| V. Che avvenga dei brani delle rocce staccati dagli agenti atmosferici, ossia della formazione del suolo vegetale . . . . . | 143-153 | 64   |
| VI. Origine dei torrenti e dei fiumi . . . . .                                                                              | 154-168 | 68   |
| Sommario . . . . .                                                                                                          | 169     | 74   |
| VII. Lavoro dei torrenti e dei fiumi . . . . .                                                                              | 170-182 | ivi  |
| VIII. Campi di neve e ghiacciai . . . . .                                                                                   | 183-203 | 82   |
| <br>IL MARE.                                                                                                                |         |      |
| I. Distribuzione dei mari e delle terre . . . . .                                                                           | 204-211 | 95   |
| II. Origine della salsedine marina . . . . .                                                                                | 212-216 | 98   |
| III. Movimenti del mare . . . . .                                                                                           | 217-232 | 99   |
| IV. Il fondo del mare . . . . .                                                                                             | 233-251 | 105  |
| L'INTERNO DEL GLOBO . . . . .                                                                                               | 252-265 | 112  |
| CONCLUSIONE . . . . .                                                                                                       | 266-268 | 119  |



---

PRIME NOZIONI  
DI  
GEOGRAFIA FISICA.

---

INTRODUZIONE.

1. Siamo, per un supposto, in estate; vi trovate in campagna, alla vigilia di un bel giorno festivo, coll'intenzione di godervelo col fare una bella gita. Ciascuno si moverà secondo il proprio genio; chi a raccogliere selvatici fiori; chi a fare una collezione di rocce; chi senza uno scopo definito, salvo quello di godersi in pace il suo giorno di festa, e pago di quella qualunque piacevole avventura che glielo renderà più gradito. Allo spuntare di quel giorno avventuroso eccovi desti e, oh che piacere! il cielo è sereno, e il sole già versa i caldi suoi raggi. Ma, via, non si partirà prima d'aver fatto colazione; e intanto darete mano voi stessi ad apprestare le paniere, i bastoni, tutti gli arnesi insomma di cui dovete far uso in quella giornata. Ma ahimè! il mattino era così limpido, ed ora comincia a rannuvolarsi. Le nubi, rade dapprima, sono divenute fitte, evidentemente colla cattiva intenzione di

mettere insieme un buon temporalaccio. Non si è ancora finito di far colazione che già cadono i primi goccioloni di mal augurio. Si spera però anche che non sarà che un passeggero acquazzone, nè si vogliono per questo sospendere i preparativi. Ma la pioggia non ha l'aria di voler cessare così presto. Le gocce vengono vieppiù grosse e più fitte; i vetri delle finestre grondono acqua, e la via è già tutta una pozzanghera. Addio corsa di piacere vagheggiata tanto! per oggi bisogna rassegnarsi.

2. È proprio un supplizio degno di Tantalo quello di vedervi sfuggire un sì gustoso divertimento quando e' pareva d'averlo già nelle mani. Ma, via, non cercheremo noi di cavarne, da questa malaugurata pioggia, qualche cosa che ci compensi? Vedete; 'un po' dopo mezzodì il cielo si è alquanto rischiarato, e la pioggia è cessata. Non è così tardi che non giovi uscire; ed eccoci tutti in moto per una passeggiata. Ruscelli di fango scorrono in tutti i sensi lungo la via. Se permettete che io vi serva di guida, vorrei condurvi fino al fiume che scorre di qui non lontano. Volgiamo i passi per vie bagnate, quindi per verdi sentieri in mezzo alle siepi goccianti, arriviamo finalmente al ponte, ed eccovi appunto il fiume che di sotto gli scorre. Quale cambiamento gli apportò una sola mezza giornata di forte pioggia! Ieri potevate contare ad uno ad uno i ciottoli che ne coprivano il letto, tanto chiara e bassa era la corrente. Ed oggi? guardate; l'acqua ha riempito tutto il letto del fiume, e corre velocemente pigiata tra l'una e l'altra sponda. Essa ci annaspa la vista guardandola dal ponte. Mentre passa furiosa disotto, abbiamo appena tempo di distinguere le foglie e le frondi innumerevoli che sono travolte galleggianti alla sua super-

ficie. Grossi rami e interi tronchi d'alberi a volte a volte passan giù, traballando e rotando in balia del fiotto rabbioso. Mucchi di paglia o di fieno, tavole di legno, pezzi di palizzate o di steccati, talvolta un'anitra, una gallina impotenti a vincere la corrente, passano giù giù sotto il ponte, testimonî della rapina che la piena traboccante ha esercitato sulle sponde non solo, ma sugli abituri incontrati per via.

3. Noi siamo rimasti così a lungo sul ponte, osservando l'incessante tumulto delle acque scorrenti, e i cento oggetti diversi che di continuo vengono da esse travolti giù per la china. Voi siete già forse del parere che valeva la pena di perdere la vostra bella gita di piacere, per venire a godere di questo grandioso spettacolo di una piena così gonfia e iraconda, che passa muggendo e trascina in giù quella massa enorme di acqua fangosa e nera. Ora però che l'orrida scena vi sta ancor viva davanti allo sguardo, fate a voi stessi in proposito alcuni quesiti molto semplici e forse vedrete crescere il numero delle ragioni di non dolervi della jattura della vagheggiata escursione.

4. Domandatevi in primo luogo: donde venne quella massa d'acqua aggiunta in così breve tempo al fiume? La risposta è già trovata: la pioggia gliel'ha portata. Benissimo! ma l'acqua piovuta dalle nubi, come ha potuto trovare la via per giungere al fiume? Non pare egli che l'acqua dovesse senz'altro scorrere via sul terreno? Che bisogno aveva di formare una corrente?

5. Domandatevi in secondo luogo: da dove è venuta la pioggia? Era così azzurro il cielo stamani! vennero però le nubi, e colle nubi venne la pioggia: quindi noi diciamo che la pioggia l'han data le nubi.

Va bene; ma esse hanno dovuto andare a prenderla in qualche luogo. Poi come avviene che le nubi generano la pioggia, e la lasciano cadere sopra la terra?

6. Una terza domanda che potete farvi è questa: Quale è la ragione che determina un fiume a scorrere in questa piuttosto che in quella direzione? Quando l'acqua era talmente bassa, che si poteva per avventura traghettare posando i piedi sui ciottoli sparsi nel letto della corrente, questa, per quanto tenue, era pur sempre percettibile, e voi la vedeste sempre scorrere nella medesima direzione. Nè questa direzione si è punto cambiata dacchè vedeste irrompere rabbiosa e nera la piena. Sapete dirmi come ciò avvenga?

7. Ancora una domanda: Jeri l'acqua era limpida; oggi è nera e sporca. Attingetene una certa quantità per riempiere un bicchiere che lascerete in riposo tutta la notte in casa vostra. Al mattino la troverete chiara; ma il fondo del bicchiere sarà coperto di uno strato di fango. È questo fango certamente che rendeva il fiume così sporco. Donde viene questo fango? È chiaro che esiste un rapporto tanto tra esso e la pioggia quanto tra esso e la piena del fiume.

8. Di più, siccome la corrente, in magra o piena che sia, corre sempre nella stessa direzione, il fango di cui è carica è sempre trascinato verso quel punto stesso a cui essa tende. Ora, giacchè siamo qui seduti sul ponte a vedere l'acqua spumeggiante che passa girevole e vorticosa, ci vien davanti spontaneo questo quesito: Dove va a finire questa enorme quantità di acqua e di fango?

9. Dobbiamo anche pensare che questo fiume non è che uno tra cento e cento che solcano il paese, e che altri fiumi a migliaja scorrono nelle altre regioni,

facendo la stessa cosa che noi qui stiamo osservando. Tutti infuriano quando piove a catinelle; tutti corrono all'ingiù; tutti più o meno seco trascinano del fango.

10. Ritornando a casa deve esser bello di fare la somma delle esperienze acquistate in questa giornata. Abbiamo veduto che talvolta il cielo è sereno, il sole vi brilla fulgido e cocente; che le nubi compaiono sull'orizzonte, e si condensano fino al punto che si sciolgono in pioggia. Abbiamo veduto che il fiume scorre, si gonfia in seguito alla pioggia, e che, una volta gonfiato, diviene fangoso. Così abbiamo imparato che vi hanno stretti rapporti tra il cielo, curvo a guisa di una vòlta sulle nostre teste, e la terra distesa sotto i nostri piedi. Stamattina sembrava una cosa così da nulla questo comparir delle nubi sul nostro orizzonte; eppure non siamo giunti a sera che già le nubi avevano tratto il fiume a portar via nella sua furia alberi, ripari, arnesi, animali: è la cosa poteva spingersi a tal punto che i ponti venissero distrutti, i campi, i villaggi e le stesse città inondati, con grave danno e più grave minaccia alla proprietà ed alla vita degli abitanti.

11. Ma io vado per avventura parlando a gente che abita una grande città, e che, non avendo forse mai l'occasione di vedere un paese come quello descritto, può tenersi dispensata dal prendere nessun interesse, tanto per riguardo ai fenomeni descritti, quanto per riguardo alle ragioni che se ne vorrebbero cercare. Ma anche gli abitatori di una grande città, nelle stesse sue vie, hanno molto da imparare riguardo alle piogge ed alle correnti. Se voi raccogliete l'acqua che piove in un vaso, la trovate limpida. Eppure vedete come è fangosa quella che scorre lungo la via. Gli è per

chè trae seco la polvere prodotta dallo strofinio delle ruote e dallo stropiccio dei piedi contro il selciato e il lastrico della via. Ciascuno di quei canaletti che raccolgono le acque delle vie, può considerarsi come un fiume. Anche qui voi potete osservare quanti briccioli di paglia, di sughero, di legno, e quante bruciaglie di ogni genere, seminate sul piano della via, sono travolti dall'acqua, precisamente come fanno i fiumi coi tronchi d'albero, e con tanti oggetti di mole maggiore. Anche entro le mura di una città voi potete studiare come ai cambiamenti del cielo si legano le modificazioni della terra.

12. Basta un po' di attenzione per poter raccogliere infiniti esempî dei mutui rapporti per cui sono fra loro coordinati gli avvenimenti d'ogni dì. Fin dalla cuna avete assistito a tutti questi spettacoli della levata del sole, dell'apparir delle nubi, dello spirare dei venti, del cader della pioggia, dello scorrere dei torrenti, del gocciare della rugiada, del biancheggiare delle nevi, senza rifletterci nemmeno un istante, appunto perchè si tratta dei fenomeni più ordinari. Voi non potete forse nemmeno immaginarvi che le cose possano andar diversamente da quello che le vedete andare al presente; quei fenomeni vi sembrano così naturali, così necessari, che vi deve parer strano se vi è alcuno che si arrischi di domandarvene il perchè. Ma se voi siete cresciuti in un paese che non vede mai piovere, poi d'un tratto vi avessero condotti qui, dove aveste veduto in oggi cadere tale un rovescio di pioggia, non sareste rimasti sorpresi di tale avvenimento, e non vi sarebbe parso la cosa più naturale del mondo di chiederne spiegazione? Supponete che un fanciullo, nato in una delle più calde regioni del

globo, fosse condotto qui a' piedi delle Alpi nella stagione invernale, dove vedesse a larghe falde cadere la neve, e i letti dei fiumi occupati da solido ghiaccio: vi farebbe forse sorpresa il suo stupore? No certo. Ma se intanto questo fanciullo si indirizzasse a voi per sapere che cosa è la neve, perchè così duro è il suolo, l'aria così fredda, i fiumi immobili o incrostati di ghiaccio, sapreste voi rispondere alle sue domande?

13. Eppure quel fanciullo non vi chiederebbe spiegazione d'altro che delle cose più comuni, delle cose di cui siete spettatori ogni giorno. Che se vi accingeste a rispondere, vi accorgereste ben tosto che non è cosa così facile il farlo, come forse vi è parso a prima giunta. No, no; levatevi dalla testa questo pregiudizio che una cosa cessi di essere interessante perchè è ordinaria. Non v'ha cosa così ordinaria che non sia degna della vostra attenzione, e che non possa compensarvi largamente della pena che vi darete per conoscerne il perchè.

14. Colle seguenti pagine io mi propongo di invitarvi a meco considerare alcune di queste cose più volgari. Lo scopo del presente libretto non è però quello di darvi semplicemente certe lezioni, di consegnare alla vostra memoria certi primi rudimenti di una scienza che si chiama *Geografia fisica*. Mai più! mi spiacerebbe che voi vi accontentaste di ciò che sta scritto in questo manualetto, od anche in altre opere più voluminose. Io non crederei d'aver raggiunto il mio scopo, se non quando vi avessi indotto a formarvi l'abitudine di usare de' vostri proprî occhi per osservare da voi stessi le meraviglie del mondo che abitiamo. Quanto vi circonda è materia inesauribile di indagini piacevolissime. Nessuna di quelle passeggiate che

avete fatte fino ad oggi coll' unico scopo di divertirvi, vagando lungo il fiume, attraverso le campagne o sulle cime dei monti, vi può aver dato un piacere pari a quello che voi proverete, girando ugualmente all' aperto, ma gli occhi e gli orecchi intenti a raccogliere gli ammaestramenti che ogni giorno e ogni località non mancheranno di darvi. Ricordatevi che, dopo i libri stampati che vi si danno a leggere a casa od alla scuola, vi è ancora il gran libro della Natura, sul quale ciascuno di voi può leggere, giovine o vecchio che sia, e continuare a leggere tutta la vita, senza mai riuscire ad esaurire nemmeno una piccola parte di ciò che ha da insegnarvi.

15. È su questo gran libro — l'Aria, la Terra, il Mare — ch'io vorrei vedere fissi i vostri occhi. Non dovete essere contenti di sapere come avvenga questa o quest'altra cosa. Nel caso, per esempio, di quella passeggiata dopo la pioggia, non dovete lasciar passare il fatto di quel temporale, di quella piena del fiume senza sforzarvi di conoscere qualche cosa dei rapporti di quel fatto con altri, e delle ragioni da cui dipende. Avvezzatevi ad interrogare la Natura, come abbiám fatto in quella nostra passeggiata. Non acquietatevi fino a quando non siate giunti a conoscere la ragione di ciò che la vostra attenzione va segnalando attorno a voi. Per questa via anche le cose più volgari acquisteranno un valore sempre nuovo ai vostri occhi. Dovunque volgiate il passo, troverete sempre qualche cosa di rimarchevole; qualche cosa che accresca il piacere che anche altrimenti ci avrebbe procurato la vista dei luoghi. Imparerete anche a ben servirvi de' vostri occhi, sicchè non abbiate a temere di apparenze o d'illusioni; e l'abitudine dell'osservare vi gioverà



sempre moltissimo, non importa quale sia la via per la quale la Provvidenza volesse condurvi.

16. Nelle seguenti lezioni è mia intenzione di porvi sott'occhio quelle questioni di cui dovete cercare la soluzione nel gran libro della Natura, quelle principalmente che riguardano l'Atmosfera e la Terra. Ciascuno di noi deve pur conoscere qualche cosa intorno a quest'aria che respiriamo e a questa terra su cui viviamo. La nostra passeggiata ci è stata già di qualche profitto, per riguardo al conoscere le relazioni tra l'atmosfera e la terra; mentre possiam già stabilire un rapporto di causa ed effetto tra la distruzione dei ripari e dei villaggi e la formazione delle nubi nel cielo. Ma vi hanno molte altre relazioni da studiarci. Studiandole, voi diventate cultori della scienza, di quel ramo delle scienze naturali, che si chiama *Geografia fisica*, la quale ha per oggetto la descrizione della terra con tutti i fenomeni che si avviciano sulla sua superficie. Questo studio non è nè arduo nè privo di interesse. Voi non dovete far altro che osservare attentamente i mutamenti che hanno luogo incessantemente a voi dintorno, sforzandovi di scoprirne le cause e coglierne i rapporti.

#### FIGURA DELLA TERRA.

17. Prima di intrattenerci di ciò che ha luogo alla superficie della terra, sarà bene che ci formiamo una idea chiara della sua figura, e dei suoi rapporti col sole.

18. Se voi vi piantate ritto in mezzo ad una grande pianura; volgendo lo sguardo all'immenso mare, vi sembrerà che questo mondo, sul quale viviamo e ci mo-

viamo, non sia altro che un piano sconfinato, e che non faccia bisogno che di andare lontano lontano, quanto basta, per toccarne i confini. È questa la prima idea che del mondo si formano i bambini, e così credette fermamente negli antichi tempi il genere umano. Il sole e la luna non dovevano sorgere e tramontare che per uso e consumo dei popoli che abitavano quella grande piattaforma; il cielo stellato, altro non era che una gran vòlta di cristallo che aveva sulla terra le fondamenta.

19. Ma è facile a chicchessia di persuadersi che l'occhio si inganna quando giudica la superficie della terra come fosse piana, mentre in realtà è curva anche dove sembra più piana. In un paese che sia piano, come lo è per esempio la bassa Lombardia, gli alberi e le case non sono più visibili alla distanza di quattro o cinque miglia. Se voi però salite sulla torre di una chiesa, voi scoprirete in lontananza una quantità di oggetti che non potevate vedere stando abbasso al livello della campagna. Che se vi fosse non molto lontano sull'orizzonte una catena di colli, stando su quella torre, vedreste aumentato il numero delle cime, mentre abbasso molte vi rimanevano nascoste. Quanto è maggiore l'altezza a cui vi levate, tanto maggiore sarà la lontananza a cui potrete scorgere gli oggetti sparsi sulla superficie della pianura.

20. Supponete ora di trovarvi al piede di un alto scoglio in riva al mare, intesi a guardare le vele di un bastimento che naviga in distanza. Se voi salite sulla cima dello scoglio, non vedrete soltanto le vele, ma anche il vascello che le porta, e probabilmente il vostro occhio potrà discernere ancora più lontano un'altro bastimento che appare come una semplice macchia

sulla linea di confine tra il cielo e il mare, mentre era invisibile dalla spiaggia.

21. Trattenetevi ora, per un supposto, sulla cima di quello scoglio, ad osservare i vascelli per qualche tempo. Alcuni, che navigavano dapprima a tale lontananza da essere appena visibili, sembrano divenuti più grandi e più distinti. Comincerete infatti a distinguere le cime degli alberi maestri e le vele; a poco a poco vi si farà palese il resto degli uni e delle altre, finchè anche il cassero apparirà quasi allora allora sorto dal mare. Tutto questo vedrete, come se il vascello si levasse a poco a poco sopra quella linea di confine tra il



Fig. 1. — Curva della superficie terrestre dimostrata dalla scomparsa dei bastimenti visti in lontananza sul mare.

cielo e le acque, che noi siamo usi a considerare come i confini del mondo.

22. Intanto altri bastimenti, che prima erano vicini e visibili in tutto e per tutto, si saranno portati alla distanza in cui vedevate gli altri. Se non li avete perduti di vista, avrete osservato come, mano mano che si andavano allontanando, il cassero dapprima scomparve, come inghiottito dal mare, poi gli alberi e le vele, poi le cime di essi, finchè dileguossi tutto il bastimento.

23. Queste osservazioni vi hanno messo in possesso di altrettanti fatti, i quali dimostrano che la superficie della terra sulla quale abitiamo non è piana, ma convessa; è insomma la superficie di una sfera. Il far uso in tal guisa dei vostri occhi, cercando di trovar le ragioni di ciò che vedete, non dev'essere uno studio nè difficile, nè ingrato; eppure non ci vuole di più per potervi dire cultori di quella che si chiama *scienza di osservazione*. Mentre state badando ai vascelli naviganti, notando il diverso modo del loro presentarsi ai vostri sguardi quando vanno e quando vengono, voi osservate i *fatti*. Quando confrontate i fatti tra loro, e ragionate sui loro rapporti e sulle loro rispettive cause, e trovate che essi dimostrano la rotondità della terra, voi *inferite* dai fatti, ossia fate un' *induzione*. L'osservazione e l'induzione fanno la *scienza*.

24. Avete dunque osservato e dimostrato che l'antica idea, abbastanza naturale, circa la figura piana della terra, è assolutamente falsa, e che, per quanto la terra, e più ancora il mare, fino dove l'occhio può giungere, sembrano piani, non sono che parte di una gran superficie curva, anzi sferica. Partite dall'Italia in quella direzione che volete, viaggiando per mare e per terra, ma sempre avanti, sempre nella stessa direzione. Quando crederete d'esserne più lontani, vi troverete di nuovo in Italia, e precisamente nel punto da cui avete pigliato le mosse. L'esito brillante del nostro viaggio, sarebbe una prova diretta e materiale che il mondo è una sfera: e quanti ai nostri giorni hanno fatto davvero il giro del globo, così chiamato appunto per la sua forma sferica! Lungi dal trovare i confini del mondo, i *circumnavigatori*, come furono chiamati, non trovarono che le case loro, dove ci vennero narrando che terre

e mari sono dovunque tutti ad un modo, come tutti della stessa forma sono alla superficie gli spicchi di un arancio, e i segmenti di una sfera.

25. Per quanto però sia facile di persuadersi, guardando il mare, che la superficie visibile entro i limiti



Fig. 2. — La terra e la luna come apparirebbero guardate dal sole.

dell'orizzonte non è che porzione di una superficie sferica; quando si volge invece lo sguardo alla terra ferma, e se ne trova la superficie così irregolare, irta sovente di montagne e solcata da valli profonde, non

si intende come possano ritenersi così ineccepibili i risultati delle precedenti osservazioni. Vi faccio però osservare che, per quanto elevate, le montagne, in confronto colla massa terrestre, non sono che rugosità quasi impercettibili; nè possono alterare la regolarità della curva terrestre, più di quello che fanno sopra la curva di un arancio le rugosità della scorza. Del resto le ripetute esperienze dei viaggi di circumnavigazione, mostrano come anche i grandi rilievi dei continenti non sono che impercettibili irregolarità della curva del globo, le quali scompaiono affatto quando la curva stessa si consideri nella sua immensa estensione.

26. Bisogna però aver in mente che la curva terrestre è morbidissima, e ci vogliono parecchie miglia di distanza, prima che acquisti un valore sufficiente per toglierci la vista dei bastimenti che veleggiano in mare. Se la curva del globo è così morbida, bisogna che siano ben grandi i circoli che la compongono. Gli astronomi si sono dati la pena di misurarli, ed hanno trovato che essi sono grandi per modo che un treno di ferrovia, con una velocità di trenta miglia all' ora, impiegherebbe più di un mese a compiere il giro del globo.

#### IL GIORNO E LA NOTTE.

27. Voi siete avvezzi fin dalla cuna a vedere il sole nascere ad oriente e morire in occidente, attraversando da un capo all'altro tutta la vòlta del cielo. Lo stesso viaggio avete visto compirsi dalle stelle e, salvo certi intervalli, dalla luna, ogni volta che il cielo non era velato dalle nubi durante la notte. Nessuna cosa

è più certa per voi di questa, che il sole sorgerà al mattino e tramonterà alla sera, e così farà sempre come di anno in anno ha sempre fatto. Voi avete osservato come è tranquillo, regolare, incessante, questo giro degli astri intorno al globo. Non avete voi mai cercato quale ne sia la causa?

28. Quando il sole risplende, l'aria è calda; quando le nubi lo velano l'aria si rinfresca; di notte, quando è affatto spento il raggio del sole, fa freddo. Di più, finchè il sole rimane sull'orizzonte, piove a torrenti la luce: quando scompare, le tenebre avvolgono l'universo. Ciò basta a dimostrarci che la luce e il calore per noi dipendono dal sole. È dunque evidente che noi non potremo mai comprendere i fenomeni che si avvengono sulla terra, se prima non avremo conosciuto i rapporti che esistono tra essa e il sole.

29. La vostra prima idea sarà stata quella che ritennero tutti gli uomini d'una volta. Essi credevano che la terra rimanesse fissa come punto centrale dell'universo, intorno al quale girassero senza posa il sole, la luna, le stelle. Anche da noi si suol dire che gli astri sorgono e tramontano, come compissero davvero un viaggio intorno alla terra.

30. Ma il nostro globo è così lontano dall'essere il centro dell'universo, che non è lui stesso che uno dei molti corpi celesti che girano continuamente intorno al sole. È desso il sole, la gran massa infuocata che riscalda e illumina la terra, il quale danza senza posa a lui dintorno.

31. L'alternare del giorno e della notte sembra dipendere da un movimento del sole; invece non è che un effetto del giro che fa la terra sopra sè stessa, a guisa d'una trottola: un effetto, voglio dire, di ciò

che si chiama *rotazione*. Ho detto che la terra gira come una trottola. Voi vedete come tutti i punti alla superficie di una trottola che giri, descrivono altrettanti circoli intorno alla punta, ossia al punto d'appoggio della stessa trottola, il quale rimane immobile. Se rimane relativamente immobile la punta della trottola che serve come di centro comune a tutti i circoli da essa descritti, immobile del pari dovrà essere il centro proprio di ciascun circolo. Ora, se immaginate una linea che passi dalla punta della trottola a tutti i centri dei circoli da essa descritti nel girare, questa linea imaginaria, intorno alla quale gira la trottola, sarà l'*asse di rotazione* della trottola stessa. La terra non è che una trottola sferica, girante intorno al proprio *asse di rotazione*, che si chiamerà anche semplicemente *asse* della terra.

32. Prendete ora un *globo artificiale*, di quelli che si usano nelle scuole, poi collocate ad una certa distanza un lume nella direzione stessa del circolo d'ottone, entro cui girano d'ordinario quelle sfere artificiali. Fate or girare il globo sul proprio asse. O giri o stia fermo, sempre la metà rivolta verso il lume è nella luce, e l'opposta è nell'ombra. Così, mentre il globo gira, ogni punto della sua superficie passa alternatamente dalla luce alle tenebre, e dalle tenebre alla luce. E tale alternato passaggio d'ogni punto della sfera dalla luce alle tenebre e dalle tenebre alla luce, dipende dal fatto che il lume rimane sempre immobile al suo posto.

33. Al posto del globo artificiale collocate, coll'immaginazione, la terra, e il sole a quello della candela, e intenderete come sopra ogni regione terrestre si alternino continuamente la luce e le tenebre, il giorno e la notte.



34. L'asse della terra, cioè quella linea imaginaria che passa per tutti i centri descritti della terra, se rota sopra sè stessa, riesce naturalmente a due punti opposti della sua superficie. Questi si chiamano poli, e si distinguono coi nomi di *polo nord* e *polo sud*. Essi sono rappresentati dai due punti opposti per cui è fissato alla sua armatura il globo artificiale.

35. La terra compie il suo moto di rotazione intorno all'asse in 24 ore. Il sole intanto risplende sempre fisso al suo posto. Possono però riceverne la luce soltanto quelle parti della superficie terrestre che sono rivolte verso di esso in quel momento. Vi ha dunque alternatamente una metà della terra nella luce e un'altra metà nell'ombra, precisamente come avveniva pel globo artificiale facendolo girare al lume della candela: ma le due metà si cambiano continuamente, passando a ricevere la luce quella che si trovava nell'ombra, e viceversa. Se la terra non girasse, una sola metà della sua superficie sarebbe sempre illuminata, mentre l'altra metà sarebbe sempre avvolta nelle tenebre. Così invece su tutta la terra si alternano il giorno e la notte.

36. Il sole sembra muoversi da oriente ad occidente. Il moto della terra ha dunque luogo necessariamente nel senso opposto, cioè da occidente ad oriente. Al mattino noi siamo trasportati, girando, verso il sole, il quale appare ad oriente. Esso sembra salire la vòlta del cielo, finchè a mezzodì si trova precisamente nel punto più elevato, in direzione colla nostra testa. Ma a poco a poco discende verso occidente, mentre la terra, girando incessantemente, ci ripiomba un'altra volta nell'ombra. Ma anche durante la notte, noi possiamo desumere il moto della terra da quello delle stelle,

le quali come il sole, nascono, si alzano, tramontano, finchè la loro luce si affoga negli splendori del dì nascente.

37. Mentre la terra ruota intorno al proprio asse, gira anche, cioè si *rivolge* intorno al sole. Questo si chiama *moto di rivoluzione*, e la linea descritta dalla terra in questo suo movimento si chiama la sua *orbita*. Per compiere il suo giro intorno al sole, la terra deve percorrere un circolo, ossia un'orbita così vasta, che non ci vuol meno di 365 giorni e circa 6 ore, il che vuol dire che deve camminare con una velocità di circa 19 miglia per minuto secondo.

38. Un giro di rotazione equivale ad un giorno; un giro di rivoluzione ad un anno. La terra è il nostro grande cronometro.

## L'ARIA.

### I. — COMPOSIZIONE DELL'ATMOSFERA.

39. Altra delle cose più degne di considerazione, che si presenta a chi voglia appena volgere uno sguardo attento a sè d'attorno, è l'aria. Non la vediamo, eppure ci sta presente dovunque. Ora ci accarezza coll'ala del venticello, ora ci colpisce coll'impeto dell'uragano. Che cosa è l'aria?

40. Benchè invisibile, realmente è corpo e materia. Agitate il braccio, e sentirete che la mano urta contro qualche cosa di resistente: non la vedete, ma la sentite; non la vedete, ma la respirate; nè potete in nessun modo andarne fuori, mentre essa circonda e involge il globo da tutte le parti. A questo trasparente involucro della terra si dà nome di Atmosfera.

41. Nelle *Prime nozioni di Chimica* (§ 9) avete letto che l'aria non è un corpo semplice, ma una miscela di due gas invisibili, l'azoto e l'ossigeno. Contiene però tenui dosi di sostanze diverse, altre invisibili, altre visibili. Chiudendo le imposte della camera, e lasciando entrare la luce del sole attraverso una fessura od un forellino, voi vedete in mezzo alle tenebre una lista di luce, entro la quale veggonsi nuotare le minuzie di corpi visibili in numero infinito. Ma ciò che costituisce propriamente l'aria sono le sostanze invisibili, e son esse le più meritevoli d'osservazione. Meritano il primo posto, dopo l'ossigeno e l'azoto, il *vapore acqueo* ed il *gas acido carbonico*. Vedrete ben tosto quanto importi il distinguere queste due sostanze.

42. E primieramente, che cosa è il *vapore acqueo*? Ne comprenderete la natura, osservando una pentola che bolle. Voi vedete uscirne, sollevandosi nell'aria, una colonna di bianco fumo. La sua ascesa è continua, poichè il fumo che in alto svanisce, è continuamente sostituito da nuovo fumo che si solleva dalla pentola. L'acqua intanto va diminuendo entro la pentola fino al punto, che se non la rimpiazzate con dell'altra, troverete la pentola vuota ed asciutta. Dove se ne è ita quest'acqua? Si cambiò tutta in vapore, passando dallo stato liquido allo stato gassoso; e vapore acqueo era appunto quel fumo che vedeste sollevarsi dalla pentola e svanire nell'aria. Svanendo, non si distruggeva, ma non faceva che mescolarsi all'aria, e sciogliersi in essa.

43. L'aria contiene sempre una quantità maggiore o minore di vapore acqueo; soltanto voi nol potete vedere finchè rimane vapore. È desso che genera le nubi, la nebbia, la pioggia, la neve, la rugiada e la brina. Se

l'aria venisse a spogliarsene interamente, tutto si disseccerebbe sulla superficie della terra, e diverrebbe impossibile la vita. Quanto più andrete di giorno in giorno penetrando il segreto dei fenomeni che si compiono sotto i vostri occhi, tanto più vi apparirà importante la parte che il vapor acqueo rappresenta nella grande economia della natura.

44. Il gas acido carbonico è anch'esso un corpo invisibile unito all'atmosfera; e benchè non vi esista che in proporzione di un millesimo all'incirca (da 4 ad 11 per 10000 secondo i diversi autori), ha una importanza grandissima. Basta il dire che le piante traggono da questo elemento la massima parte della loro sostanza solida (*Prime nozioni di Chimica*, § 11). Se la pianta muore e marcisce, restituisce all'aria il suo acido carbonico. D'altra parte le piante servono di alimento agli animali, che ne traggono le sostanze di cui è composto il loro corpo. Gli animali inspirano l'ossigeno ed espirano una gran quantità di gas acido carbonico, e anch'essi, morendo e putrefacendosi, lo ridonano all'atmosfera. Così è un continuo andare e venire di questo elemento, dall'aria ai vegetali ed agli animali, e da questi a quella (*Prime nozioni di Chimica*, § 13).

## II. — RISCALDAMENTO E RAFFREDDAMENTO DELL'ARIA.

45. Abbiam detto che l'aria non si vede, ma si sente. O regni la calma, o sussurri il zeffiretto, o mugga il vento, l'aria è sempre ugualmente invisibile; appena si muove però la sentiamo, e anche quando non si muove ci si fa sentire ugualmente per mezzo della temperatura (*Prime nozioni di Fisica*, § 51). L'aria,

infatti, come ogni materia, benchè invisibile, può riscaldarsi e raffreddarsi.

46. Osservate ciò che vi avviene d'inverno. Se dalla vostra abitazione opportunamente riscaldata uscite all'aria aperta, benchè non stormisca una fronda, voi sentite una sensazione di freddo. Da che proviene essa? Non da cosa visibile; no: non vi è nè ghiaccio, nè metallo, nè altro che vi tocchi i piedi, o le mani, o la faccia. È l'aria fredda che vi investe tutto il corpo e vi invola il vostro caldo; o siete voi piuttosto che le date il calore radiante dal vostro corpo (*Prime nozioni di Fisica*, § 67). Se poi, dopo esser rimasti un pochino all'aria fredda, rientrate in casa, provate la dolce sensazione del caldo. È ancora l'aria che vi riveste; ma essa è calda ed ora siete voi che le rubate il calore.

47. Dunque l'aria, rimanendo sempre invisibile, può diventare o calda o fredda. Il termometro (*Prime nozioni di Fisica*, § 51) vi avvisa di questi cambiamenti della temperatura dell'aria, e li misura rigorosamente, anche quando sono così piccoli, che la pelle più sensibile non li avvertirebbe.

48. Ma come avviene che l'atmosfera vada soggetta a cambiamenti di temperatura? da che le viene il calore? come se ne impossessa?

49. Eccovi in casa di nuovo. D'inverno, quando l'aria all'esterno è frizzante e gelata, si mantiene tepida e piacevole nell'interno, perchè v'arde il fuoco. Il carbone e la legna, bruciando, producono calore, e il calore riscalda l'aria. È precisamente il calore *irradiato* da un corpo ardente che mantiene l'aria più calda nell'interno che al diffuori dell'abitazione.

50. Ne concludiamo che l'aria si riscalda mediante il calore irradiato da un corpo caldo. Ma nel-

l'estate, senza che voi vi diate la pena di bruciar legna o carbone, l'aria è più calda al diffuori che nol sia d'inverno al di dentro, dove soffia la stufa. Quel calore le viene tutto dal sole, il quale è per l'appunto una enorme massa caldissima, che irradia continuamente calore in tutte le direzioni.

51. Ma se il sole versa continuamente il suo calore sulla terra, perchè talvolta l'aria è così fredda? Mettete un parafuoco tra il viso e la fiamma che arde sul camino: voi vi sentite immediatamente privati di una grande quantità di calore. Così, quando il sole risplende, esponete la mano a' suoi raggi, ma poi nascondetela dietro un qualche cosa, come sarebbe un libro. Se prima la mano si sentiva calda fino alla noia, ora, posta all'ombra si sente rinfrescare. Ciò vuol dire che quel libro ha fatto l'ufficio del parafuoco, impedendo al calore del sole di venire direttamente a ferire la vostra mano. Così avviene dell'atmosfera. Se si raffredda, è segno, molte volte, che un qualche cosa si è frapposto tra essa e il sole, sicchè il calore solare non la possa riscaldare direttamente.

52. Quel qualche cosa sono le nubi. Voi avrete notato, chi sa quante volte, il raffreddamento dell'aria che tien dietro immediatamente al comparire delle nubi dopo il sereno. Se le nubi si dissipano, alla frescura succede il caldo di nuovo.

53. Bisogna anche notare che l'aria stessa assorbe una parte del calore solare; e tanto più ne assorbe, quanto più grosso è lo strato d'aria che il calore deve attraversare per arriyare alla terra. Inoltre i raggi caloriferi sono tanto più deboli, quanto più obliqua è la loro direzione in rapporto colla terra. A mezzodì, per esempio, il sole è nel punto più alto del cielo. I suoi

raggi (*B*, fig. 3) sono quasi perpendicolari, ed è perciò minima la grossezza dello strato d'aria che devono attraversare per giungere a noi. Quando il sole discende nelle ore pomeridiane, i suoi raggi vanno diventando mano mano più obliqui, e perciò si va mano mano ingrossando lo strato d'aria da attraversarsi fino a quando tramonta (*C*, fig. 3). Voi avete inteso il perchè sul mezzodì si senta più il caldo che al mattino e alla sera.

54. La notte, quando il sole è passato all'altro emisfero, il suo calore non può più riscaldare diretta-

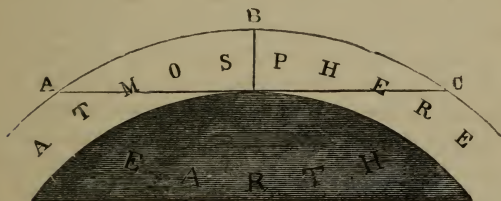


Fig. 3. — "Diagramma" per dimostrare l'influenza che ha la grossezza dell'atmosfera nel rendere meno attivo il calore del sole. *A* Direzione dei raggi solari al mattino. *B* Direzione dei raggi a mezzodì. *C* Direzione al tramonto.

mente l'emisfero che rimane nell'ombra. Anzi questo emisfero, non solo non riceve, ma perde calore del proprio, irradiandolo nel cielo (Vedi § 59). La notte dovrà quindi essere più fredda del giorno.

55. D'estate il sole a mezzogiorno si approssima di più alla perpendicolare, batte cioè più direttamente sulle nostre teste. Diminuita l'obliquità de' suoi raggi, più sottile è lo strato d'aria che devono attraversare. Perciò d'estate fa più caldo che d'inverno. Però nei nostri paesi il sole non arriva mai a battere affatto per-

pendicolarmente, come nelle regioni tropicali, ed è perciò che in queste regioni fa più caldo che da noi.

56. Riesce evidente da tutto ciò che la gran sorgente di calore per noi è il sole. Quanto si interpone fra il sole e noi, ne diminuisce la forza, e ci produce relativamente una sensazione di freddo.

57. Se il sole è quasi l'unica sorgente di calore per noi, stando all'aperto non sentiremo una vera sensazione di caldo, che quando il sole risplende. Straordinariamente freddi dovrebbero essere perciò i giorni nubilosi e le notti ancorchè non sia d'inverno. Eppure così non avviene, mentre le giornate nubilose sono sovente molto calde, nè sempre le notti ci danno la desiderata frescura. Bisogna dire che per qualche verso il calore del sole sia, per dir così, immagazzinato, per cui noi possiamo goderne anche quando non splende.

58. Ricorriamo ancora, per paragone, al nostro ardente caminetto. Quando noi mettiamo il dorso di una sedia tra noi e il fuoco, se la sedia gli è molta vicina, si riscalda talmente, che si sente scottare la mano che la tocca. Allontaniamola dal camino, e lasciamo che si raffreddi lentamente in qualche angolo della sala. Lasciamo che si raffreddi . . . . ciò vuol dire: lasciamo che il calore del fuoco, assorbito, immagazzinato dalla sedia, sia dispensato all'aria che riempie la sala.

59. Veniamo all'applicazione. Il suolo è la sedia che si riscalda al gran fuoco che è il sole. Voi avrete provato come il suolo, esposto al sole, si riscalda talmente in certe occasioni, che scotta. In Italia ciò avviene sovente nelle grandi giornate d'estate. Che dire poi delle arene dei deserti dell'Africa, il cui appellativo più comune è quello di cocenti? Il suolo e le pietre assorbono rapidamente il calore, il che vuol dire che



prontamente si riscaldano e si raffreddano. Quando il suolo è riscaldato dal sole, l'aria non ha più bisogno di ricevere il calore da questo direttamente, ma lo riceve dal suolo col quale si trova a contatto, e che conserva il calore del sole anche lungo tempo dopo che il sole è scomparso. Perciò durante la state, le notti possono essere molto calde, essendo molto il calore che il suolo ha immagazzinato di giorno; ed anche d'inverno, quando il suolo è ghiacciato, l'aria notturna può essere men rigida di quanto si crederebbe. D'altra parte però, raffreddandosi il suolo anche l'aria si raffredda al suo contatto. Il suolo, dispensa facilmente il suo calore, e così una grande quantità di calore che la terra riceve durante il giorno è, durante la notte, irradiato, cioè disperso, nell'immenso spazio stellato. Un'altra grande quantità però sarebbe agevolmente dispersa, se non venisse assorbita dai vapori di cui è piena l'atmosfera (§ 43), la quale perciò agisce a guisa di una coperta da letto, ritardando l'irradiazione. Ecco la ragione per cui nei paesi il cui clima è secco, contenendo l'aria una minor quantità di vapore acqueo, la notte è più fredda che nei paesi d'aria umida. Anche le nubi servono d'impedimento alla dispersione dal calore irradiato della terra, ed è per questo che le notti nuvolose sono più calde delle notti serene.

60. L'atmosfera è adunque più calda o più fredda secondo che sovrasta ad una porzione più calda o più fredda della superficie terrestre, e mediante il vapor acqueo che vi è disciolto, serve ad immagazzinare ed a distribuire il calore, difendendo la terra da quegli estremi di caldo e di freddo, a cui la terra stessa sarebbe soggetta, se ricevesse tutto direttamente il calore dal sole o troppo rapidamente lo irradiasse negli spazi,

III. — I VENTI COME EFFETTO DEL RISCALDAMENTO  
O DEL RAFFREDDAMENTO DELL'ARIA.

61. L'aria che tocca una superficie calda si riscalda; a contatto con una superficie fredda, si raffredda. Da questa differenza di temperatura dipendono i venti.

62. L'aria calda è più leggera della fredda. Sapete infatti che il calore dilata i corpi (*Prime nozioni di Fisica*, § 49). È questa dilatazione, ossia maggiore separazione delle molecole componenti l'atmosfera, che rende l'aria calda meno densa e quindi meno pesante della fredda, le cui molecole sono di più avvicinate l'una all'altra. Conseguenza di questa differenza di densità è che l'aria calda ascende, e la fredda discende. Voi potete persuadervene con facile esperimento. Prendete una verga di ferro, e fate che l'uno dei capi stia nel fuoco finchè si arroventi. Allora ritiratela, e pigliate un briciolo di carta fine o d'altra materia molto leggera, tenetelo sospeso leggermente colle dita sopra la porzione arroventata alla distanza di qualche dito. Vedrete subito come quel briciolo tende a sfuggirvi per levarsi in aria, dove si leva realmente appena lo abbandonate a sè stesso. È l'aria calda, che, levandosi sopra la superficie calda, trascina il briciolo con sè. Ma quell'aria calda che si leva è immediatamente sostituita dalla fredda che, appena riscaldata, si leva anch'essa, stabilendo una corrente d'aria ascendente, la quale si indebolisce mano mano che il ferro si raffredda e cessa completamente, quando esso ha raggiunto la bassa temperatura dell'aria circostante.

63. È questa legge che presiede alla costruzione

dei nostri camini. Il fuoco non si accende immediatamente sul piano del focolare, altrimenti non si darebbe spazio sufficiente all'aria di essere tirata per disotto, e il fuoco facilmente si spegnerebbe. Invece il carbone o la legna si tengono un po' alzati, lasciando un vano al dissotto, mentre la canna del camino si alza al disopra. Appena si leva la fiamma, l'aria a contatto si riscalda, e comincia a levarsi in alto; mentre l'aria della sala è costretta a discendere ed a venire per disotto a pigliare il luogo di quella che ascende. Tutta l'aria che sta sopra al carbone ardente diventa più calda e leggera; perciò si leva, imboccando la canna del camino, seco traendo i fumi ed i gas. Intenderete perciò come, per quanto vi sentiate confortati così piacevolmente da un buon fuoco nella fredda stagione, una buona porzione di calore, in luogo di giungere a voi, sfugge per la gola del camino e, salvo quel tanto che la stessa gola riscalda, va via a riscaldare l'aria al di fuori.

64. In natura avviene in grande ciò che accade in piccolo nelle nostre case. Come si è già detto (§ 50), il sole è la gran sorgente di calore e di luce che riscalda ed illumina il globo. Siccome il calore solare passa attraverso l'atmosfera; bisogna dire che una piccola quantità soltanto ne sia da essa assorbita. Pertanto la massima parte del calore, attraversata l'atmosfera, viene a riscaldare potentemente la superficie della terra. Non è vero che d'estate il raggio diretto del sole è capace di abbrustolirvi la faccia? Eppure basta un sottile foglio di carta sulla testa che intercetti quel raggio, per togliervi quella sensazione penosa, benchè l'aria che vi gira dattorno sia ancora la stessa.

65. La terra e l'acqua sono ambedue riscaldate

dai raggi del sole, e l'aria dovrà quindi subire gli stessi cambiamenti a cui va soggetta quando si trova in rapporto col fuoco dei nostri camini. Lo strato d'aria, immediatamente a contatto col suolo riscaldato, si riscalda. Diventa perciò leggero, ascende, e l'aria fredda accorre dagli spazi circostanti a rimpiazzarlo. Questo accorrere dell'aria è il *vento*.

66. Non vi sarà difficile intendere ed osservare come il vento spiri. Suppongo, per esempio, che, durante l'estate, vi giovi di passare un po' di tempo in riva al mare. Vi accadrà allora sovente di avvertire un vento leggero che dopo le prime ore mattutine, spira dal mare verso terra. Coll'innoltrarsi del giorno e col crescere del caldo, il vento dà luogo alla calma, che dura fino alla sera, ed anche a notte innoltrata. Allora si leva di nuovo la brezza che soffia fino al mattino, ma in direzione opposta a quella che spira di giorno, cioè soffiando dalla terra verso il mare una deliziosa frescura.

67. Vediamo di intendere come avvenga la cosa. In un giorno d'estate le pietre, il terriccio, insomma il suolo, si infuoca tutto ai raggi del sole; ma al tempo stesso, se andate a pigliarvi un bagno nel mare, vi sentite dall'acqua dolcemente rinfrescare. Questo ci insegna che la terra si riscalda più prontamente e più facilmente dell'acqua. Dopo una giornata di questo genere, troverete che, durante la notte, la terra diventa più fredda del mare, perchè quella cede più facilmente di questo il suo calore. Durante il giorno adunque la terra, che è più calda, riscalda l'aria al suo contatto, e resala più leggiera, la obbliga ad ascendere: intanto l'aria che passa sul mare, più fredda e più pesante, si muove verso terra, spirando come fresca

*brezza di mare*. La notte invece il giuoco è perfettamente invertito, mentre è l'aria di terra che diviene più fredda e più pesante, e deve quindi accorrere, soffiando come *brezza di terra*, e rimpiazzare l'aria di mare che si leva più calda e più leggera.

68. Prendete ora un globo artificiale, e badate a a quelle linee che vi son tracciate all'ingiro. Precisamente a mezza via tra i due poli eccovi una linea che lo cinge tutto all'ingiro dov'è più gonfio. Quella linea si chiama *equatore*, e divide il globo in due metà, ossia in due emisferi. Sull'equatore, e su tutta una larga zona che si dilata a destra ed a sinistra di esso, il sole esercita una grande attività calorifera durante l'anno. L'aria, potentemente e costantemente riscaldata, ascende, formando una perpetua corrente ascendente tutto all'ingiro del globo. Ma intanto che l'aria si leva su quella zone nelle alte regioni dell'atmosfera, l'aria, che quella zona fiancheggia, corre da nord e da sud a rimpiazzare l'aria ascendente. Questo flusso continuo dall'aria verso le regioni equatoriali è quello che mantiene i così detti *venti alizei*. Devono questo nome alla loro costanza, ed al modo col quale da lungo tempo erano calcolati dai naviganti.

69. Nei nostri paesi i venti non sono nè così regolari nè così costanti. Se guardate all'Italia sopra un mappamondo, vedrete quante cagioni vi sono perchè i venti che vi spirano siano così irregolari ed incostanti. A nord le Alpi, coperte di nevi perpetue, poi la fredda Germania e più in là i ghiacci eterni delle regioni polari; a sud il tepido mare e le bollenti arene dei deserti africani; ad est le calde regioni d'oriente, gli altipiani dell'Asia centrale e i colossi nevosi dell'Himalahia; ad ovest lo sconfinato Atlantico. Quanto

sono varie le condizioni fisiche delle diverse porzioni della superficie terrestre che circondano la patria nostra! Quante ragioni di squilibrio di temperatura nelle diverse stagioni! Ecco perchè i venti da noi si cambiano da un giorno all'altro, da ora ad ora, soffiando alternatamente in tutte le direzioni possibili. Ecco perchè i venti caldi e i venti freddi si alternano così sovente tanto d'inverno, quanto d'estate.

#### IV. — EVAPORAZIONE E CONDENSAZIONE DELL'ACQUA NELL'ATMOSFERA.

70. Abbiamo stabilito (§ 40) che uno dei più importanti ingredienti dell'atmosfera è il vapore acqueo. Studiando anzi tutto attentamente come ci entra e come ne è espulso, vedrete come, anche in questo caso, i più sublimi trovati della scienza trovino una facile dimostrazione nelle cose più famigliari.

71. In una camera dove arse tutto il giorno un buon fuoco, e stettero parecchie persone a convegno, si può credere che l'aria sia abbastanza asciutta. Ma portatevi, se vi piace, una tazza d'acqua molto fredda, e badate a ciò che avviene. Voi vedete che l'esterna parete della tazza si appanna, cioè si copre di un leggerissimo strato come di nebbia. Qualche istante più tardi, la nebbia è divenuta rugiada, mostrandosi quella parete tutta coperta di gocce d'acqua, le quali, se la cosa va più oltre, si uniscono e formano dei rigagni che corrono giù serpeggiando aderenti alla vitrea parete.

72. Avrete poi osservato come nelle sere d'inverno sono appannati e goccianti i vetri nell'interno delle camere abitate e dei pubblici ridotti.

73. Donde viene l'umidità nei suddetti casi? Dai

vetri no certo. Viene dal vapor acqueo che si trova nell'aria. Questa parola *vapore* si usa sovente da noi per indicare l'appannamento, la nebbia od altre forme visibili che il vapore prende nell'atto che ritorna allo stato liquido. Ma la scienza, propriamente parlando, non chiamerebbe mai vapore queste forme visibili. Il vero vapore acqueo deve essere sempre invisibile, sciolto interamente nell'aria, benchè ne sia satura, nè lo vedete finchè passi in qualche modo allo stato di acqua.

74. Quando il vapore invisibile prende in seno all'atmosfera le forme visibili della nebbia, delle nubi, della rugiada, della pioggia, si dice che *si condensa*; e quel processo di liquefazione si chiama *condensazione*.

75. La quantità di vapore che l'aria può contenere disciolta varia colla temperatura: quanto più è calda, tanto più può contenerne. Volete vederlo? Respirando, ogni volta che mandate fuori il fiato, emettete anche una certa quantità di vapore. Quando l'aria è calda, esso vapore è invisibile, perchè, appena uscito dalla bocca, si mescola col resto dell'aria, da cui è prontamente disciolto. Ma se voi mettete un corpo freddo davanti alla bocca, il vapore si condensa immediatamente, rendendosi visibile sotto forma quasi di nebbia. Soffiate, per esempio, sopra uno specchio o sopra la lama di un coltello; e vedrete che il vapore, appena uscito dai polmoni, si condensa sopra quei corpi, coprendoli di uno strato come di rugiada, perchè l'aria, a contatto con quei corpi freddi, si raffredda, e non potendo sciogliere tutto quel vapore, una parte di esso si condensa, formando dell'acqua. D'inverno potete fare a meno dello specchio e della lama, poichè l'aria, già fredda, per sè, condensa immediata-

mente il vapore che vi esce dalla bocca, trasformandolo in una specie di nube leggera o di nebbia che si mostra ad ogni respirazione.

76. Se l'aria fredda ha minor potere di sciogliere il vapore, raffreddandosi, diminuisce pur quello di tener sciolto il vapore che già possiede. In questo caso quel di più di vapore, che non può tenersi disciolto, si condensa e diventa visibile. Quando ciò avviene, si dice che l'aria ha raggiunto il suo punto di *saturazione*, cioè che è piena di vapore in guisa da non poterne più portare (§ 85).

77. Forse vorrete sapere come mai l'aria possa essere così piena di vapore in tutti i luoghi e in tutti i tempi, chè i fenomeni di condensazione possono dirsi fenomeni universali. Se voi versate dell'acqua in un piatto e l'esponete all'aria aperta, non passeranno uno o due giorni che vi sarete accorti che essa è sensibilmente diminuita. L'aria se l'è bevuta una parte, nè andrà di molto che si beverà il resto, se voi lasciate più a lungo il piatto dov'è. Ciò che ha luogo per quel pochino d'acqua, avviene ugualmente di quella che ricopre qualunque porzione della superficie terrestre, cioè di quello dei torrenti, dei fiumi, dei laghi e dell'immenso mare. L'acqua alla sua superficie si risolve continuamente in vapore, cui l'aria riceve e ritiene. In ciò consiste il così detto processo di *evaporazione*, dicendosi che l'acqua *evapora*, quando passa allo stato di vapore.

78. Siccome l'aria calda è, più della fredda, atta a sciogliere il vapore, l'evaporazione deve essere più attiva sotto la vampa del sole che nelle ombre della notte, più d'estate che d'inverno. Avrete rimarcato con quanta rapidità o con quanta lentezza si asciugano



le vie, secondo che è di giorno o di notte, d'estate o d'inverno. Quando splende un bel sole, bastano un'ora o due perchè la via si liberi dall'umido e divenga bianca e soda. Invece, se il tempo è freddo ed umido, la via rimane per giorni parecchi umida e fangosa. Nel primo caso l'aria calda assorbe avidamente il vapore che si svolge dall'acqua che bagna la via; nel secondo caso l'aria, essendo fredda, non può assorbire che una quantità di vapore assai più piccola.

79. In un giorno secco e sereno, l'evaporazione procede con rapidità, perchè l'aria non si è ancora impossessata di tutta quella quantità di vapore che può contenere disciolto. In una giornata umida e nebbiosa invece, essendo l'aria sopraccarica di vapore, l'evaporazione è più debole, e può anche cessare affatto; sempre inteso che il più e il meno della potenza solvente dell'atmosfera dipenda dalla maggiore o minore temperatura. Questa capacità variabile dell'aria per rapporto al vapore, è la ragione per cui la lavandaja trova che la biancheria si asciuga talora così presto, talora così lentamente, secondo che i giorni sono caldi e sereni, o freddi e nebulosi. Il prosciugamento avviene con singolare rapidità nelle giornate serene, di vento, perchè l'aria a contatto colla biancheria si rimuta continuamente, sicchè, appena una porzione è carica di vapore, lascia luogo ad un'altra che ha tutta l'avidità di bere. Un altro giorno l'aria non è più in grado di ricevere il vapore se non in piccola quantità, e viene la sera che la biancheria è ancora quasi così umida come lo era al mattino.

80. Quando l'acqua svapora, essa si raffredda. La ragione è questa: che il vapore rapisce all'acqua

una porzione considerevole del suo calore. Versate nel palmo della mano un po' d'acqua, tepida abbastanza perchè non vi dia nessuna sensazione di freddo; però lasciando svaporare quell'acqua, una sensazione di freddo la avvertirete ben tosto, perchè il vapore ruba del calore all'acqua, e questa, diventando fredda, ne ruba alla vostra pelle.

81. In ultima analisi voi vedete che l'aria contiene, benchè invisibile, una certa quantità di vapore, la quale, per quanto sia piccola in confronto coll'ossigeno e coll'azoto, è realmente enorme, quando si consideri in rapporto colla massa sterminata dell'aria atmosferica. Questo vapore l'atmosfera lo attinge da tutta la superficie terrestre, dovunque acqua vi sia, mediante l'evaporazione. Per un opposto processo, detto di *condensazione*, l'atmosfera restituisce i suoi vapori, ossia la sua acqua, alla terra.

#### V. — RUGIADA, BRINA, NEBBIA, NUBI.

82. Se il cielo è sereno dopo il tramonto, voi trovate le erbe cosperse di rugiada. Al mattino la nebbia ingombra le basse pianure, i laghi, le valli; e quando fa molto freddo, la brina imbianca le erbe, gli alberi, i tetti delle case. Col sorgere del sole la rugiada, la brina, la nebbia a poco a poco scompajono. In ogni stagione voi vedete le nubi formarsi, svanire, ed apparir di nuovo, cambiando luogo e figura, erranti come fantasmi nelle regioni dell'atmosfera. Ecco altrettanti esempî della condensazione dei vapori. Osserviamo come hanno luogo i citati fenomeni.

83. Noi sappiamo (§ 76) che la condensazione avviene pel raffreddamento dell'aria. Quando il vapore si condensa, non si cambia ad un tratto in vera

acqua scorrente, come vedemmo aver luogo quando piove. Il vetro freddo, portato entro la camera calda, si è coperto dapprima quasi d'una vernice di rugiada, e più tardi soltanto apparvero alla sua superficie gocce d'acqua. Però la differenza tra la rugiada e l'acqua consiste in questo soltanto, che la prima è formata da goccioline minutissime, aderenti alla superficie del vetro, mentre la seconda risulta dalla riunione delle suddette goccioline in gocce molto più grosse, e perciò scorrevole. Ciò che si osserva sul vetro freddo entro una camera calda, avviene in natura, a grande scala, quando si condensano i vapori atmosferici sulle porzioni fredde della superficie terrestre.

84. *Rugiada e brina.* — Così nasce, pel raffreddamento dell'aria, la rugiada, col qual nome si indica appunto quello strato di umidità che a sera e durante la notte riveste le erbe, le foglie, le pietre e fino i nostri capelli. La mattina grosse gocce di rugiada, nate dalla confluenza di moltissime goccioline, sono sparse sul fogliame, e pendenti dai ragnateli. Le foglie, i sassi, i vostri capelli, non son essi certamente che hanno prodotto la rugiada. Essa è venuta, per effetto della condensazione, dall'aria, precisamente come abbiám visto l'aria umida e calda di quella camera deporre uno strato di umidità sul vetro freddo della tazza. Quello strato non era infine altro che rugiada, ed ogni rugiada è formata al modo stesso di quella.

85. Durante la notte, quando il cielo è sereno, la terra irradia rapidamente il suo calore; essa cioè disperde negli spazî un gran quantità del calore che ha ricevuto dal sole durante il giorno (§ 59). Per conseguenza la sua superficie si raffredda, come voi potete persuadervene, ponendo la mano di notte sulle fo-

glie e sulle pietre. Lo strato d'aria, a contatto col freddo suolo, si raffredda oltre il punto di condensazione, e l'eccesso di vapore è deposto, come rugiada, sulle erbe, sulle fronde, sulle pietre, sugli oggetti d'ogni natura. Perciò il punto, in cui l'aria ha raggiunto quella temperatura ove cominciò ad operarsi la condensazione dei vapori, si chiama il *punto di rugiada* (§ 76). Nelle notti d'inverno, quando la temperatura cade al disotto dello zero del termometro centigrado, la rugiada si congela, e copre le erbe, le foglie, gli oggetti d'ogni specie, quasi di una fioritura di cristalli di ghiaccio. La rugiada allora si è cambiata in *brina*.

86. *La nebbia*. — Vi ha un'altra forma sotto la quale appare la condensazione dei vapori, per l'influenza del raffreddamento della superficie terrestre. Questa forma si mostra sulle montagne, e più spesso nelle basse pianure e sul fondo delle valli. Raffreddandosi l'aria, il vapore sospeso ancora negli strati più bassi dell'atmosfera, si rende visibile sotto la forma di *nebbia*. Sovente, soprattutto al mattino, vedrete questa nebbia mostrarsi sotto la forma di una nube solitaria, ovvero distendersi come alta e soffice copertura sul piano, o riempire a guisa di lago l'incavo della valle, o addossarsi a guisa di grigia gualdrappa sulla groppa del monte. Coll'avanzarsi del giorno, il suolo, riscaldato mano mano dal sole, non può più oltre raffreddare l'aria, e la nebbia facilmente è grado grado riassorbita dall'atmosfera. Ma a poco a poco, col venir della notte, il suolo è di nuovo raffreddato dall'evaporazione, e, se vi è sufficiente quantità di vapori nell'aria, riappare la nebbia, coprendo di nuovo il monte e il piano.

87. L'aria fredda, del pari che il freddo suolo,

condensa il vapore disciolto nell'aria più calda. Stando lungo i fiumi ad osservare, vi accadrà sovente di assistere a questa nuova maniera di condensazione. Le due sponde, caduto il sole, irradiano il loro calore più prontamente che il fiume tra loro scorrente, e per conseguenza raffreddano l'aria, a contatto con esse, più presto che questo non faccia. L'aria fredda delle due sponde, venendo a contatto, e mescolandosi coll'aria più calda e più vaporosa che riposa sull'acqua della corrente, vi forma e v'intrattiene quella nebbia che vedesi così sovente di notte e al mattino quasi fluttuante sull'onde.

88. *Nubi*. — Non è però alla superficie del suolo; ma nelle alte regioni dell'atmosfera, che ha luogo specialmente la condensazione dei vapori. Non vi ha fenomeno più comune da noi che la formazione delle nubi, per effetto visibile della suddetta condensazione. La *nube* non è altro che una nebbia, con questa sola differenza, che essa ha luogo nelle regioni libere dell'atmosfera, pel raffreddamento dell'aria calda ed umida, dovuta ad una causa qualunque, quale può essere tanto la semplice sua espansione durante l'ascensione dal basso all'alto, quanto il contatto con correnti di aria fredda. Nulla di più facile che sorprendere le nubi all'atto che si formano. Appare dapprima una piccola macchia bianca: poco a poco si allarga, mentre altre nubi, formantisi all'ingiro, si allargano del pari e si fondono colla prima; sicchè talora, in brevissimo tempo, tutto il cielo scompare dietro un gran velo di nubi, e comincia a piovere. Quel vapore, che si condensa anche nelle regioni più elevate dell'aria, trae pur sempre la sua origine dalla evaporazione delle acque sulla superficie della terra. È l'aria calda che,

ascendendo, lo trasporta lassù, dove, venendo essa a contatto cogli strati d'aria più fredda, perde del suo calore, e, divenuta impotente a mantenere disciolto tutto il suo vapore, se ne libera, lasciando che si condensi in nubi.

89. Nelle mattine d'estate il cielo è affatto sereno. Col crescere del giorno, riscaldandosi la terra, l'aria calda ascende carica di vapore. Arrivata dove l'aria è più fredda, abbandona quel vapore che voi vedete rendersi visibile sotto forma di nubi verso mezzogiorno o sulla bass'ora. Venuta la sera, l'evaporazione si diminuisce d'assai; l'aria che ascende è meno umida e meno calda: perciò non ha più luogo il formarsi delle nubi; anzi, le già formate si diradano, svaniscono, sicchè la notte è serena come il mattino. Questo svanire delle nubi dipende dalla loro discesa verso terra, dove si pongono in contatto coll'aria più calda che si leva ancora nelle regioni alla terra più vicine. Talora invece voi vedete le nubi camminare attraverso il cielo: sono le correnti d'aria superiori che le trasportano, e il loro moto è tanto più veloce, quanto il vento è più forte. Così il cielo è talvolta oscurato da nubi venute da lontano. Questo continuo andirivieni di nubi sotto la vólta del cielo, vi dice quanto sia variabile lo stato dell'atmosfera, dove il vapore alternatamente si condensa o si scioglie, per cui l'aria è alternatamente nuvolosa o serena.

#### VI. — FORMAZIONE DELLA PIOGGIA E DELLA NEVE.

93. Abbiám visto il vapore acqueo, per effetto del sole, svolgersi dai fiumi, dai laghi, dai mari, e, ascenso nelle regioni dell'atmosfera, condensarsi e rendersi

visibile sotto le varie forme di nubi. Ma queste sono tutt'altro che destinate a rimanersi sospese nel cielo. Talvolta, come abbiám detto, scompaiono, sciolte di nuovo in vapore invisibile. Altre volte invece scompaiono, ma sott'altra forma, condensandosi in gocce di acqua, che si precipitano sulla terra. Ecco l'origine della pioggia e della neve.

91. *Pioggia.* — Vi sarete ben già accorti che la pioggia vien sempre dalle nubi. Se il cielo è sereno, non si parla di pioggia. Piove soltanto quando esso è coperto. Del resto, quante volte avrete visto un negro nembo venir da lontano, rovesciando giù la pioggia a cataratte visibili, finchè, passando la nube sulla vostra testa, ricevete voi stessi il diluvio sulle spalle. Nell'esempio addotto della tazza d'acqua fredda introdotta nella camera umida e calda (§ 71) vi ricorderete che la nebbia, o la rugiada che voglia chiamarsi, la quale appanna il vetro al di fuori, si riunisce, forma delle gocce d'acqua, che poi scorrono giù serpeggiando in ruscelli, e irrorano la tavola su cui la tazza venne collocata. La rugiada sul bicchiere e la nube nel cielo hanno un'origine sola; sono anzi la stessa cosa, formate essendo l'una e l'altra dal riunirsi delle particelle d'acqua, per cui risultano le gocce, sdruciolanti sulla parete del bicchiere nel primo caso, o cadenti come gocce di pioggia nel secondo. Le nubi adunque rappresentano il primo stadio della condensazione del vapore atmosferico; la pioggia il secondo. È infatti col progredire della condensazione che le particelle acquee, costituenti le nubi, si ingrossano per l'aggiunta di altre, fino a tanto che non possono reggersi sospese nell'atmosfera e cadono sul suolo, formando la pioggia.

92. *Neve*. — Ma vi ha un'altra forma assai meritevole di considerazione, che prendono le gocce d'acqua che si dipartono dalle nubi per cadere al basso. Se quell'acqua si raffredda quanto basta, in luogo di gocce di pioggia, cadono falde di neve.

93. Se voi fate riscaldare un pugno di neve, si scioglie in acqua. Se esponete quest'acqua all'aperto, a suo tempo svapora. Il vapore, la pioggia, la neve, non sono che forme diverse di una stessa sostanza. Ecco dunque dimostrato un'altra cosa importantissima, cioè che l'acqua può sussistere nell'atmosfera o dovunque sotto le tre forme: gazona, liquida, solida. La neve non è che acqua allo stato solido.

94. Nelle notti gelide, gli stagni si coprono di una crosta di ciò che chiamasi *ghiaccio*. Voi potete spezzare quella crosta e sminuzzarla; ma se il freddo dura, si forma una nuova crosta, la quale riunisce e cementa i frantumi della vecchia. Quanto più il freddo è intenso e dura lungo tempo, la crosta si ingrossa, fino al punto che tutta l'acqua dello stagno è divenuto un sol pezzo di solido ghiaccio. Prendendone un frammento, lo trovate freddo, fragile e trasparente. Portatelo in un ambiente caldo, e lo vedrete ben tosto sciogliersi in acqua, e quest'acqua potrete facilmente ridurla, come era prima, in istato di vapore. Ghiaccio è il nome che si dà generalmente all'acqua, quando si trova allo stato solido: la brina, la neve, la grandine, non ne sono che altrettante forme accidentali. Quando la temperatura dell'acqua si abbassa sotto un certo grado (quello che nei termometri ordinari è segnato zero) si *congela*, e il punto in cui avviene il fenomeno si dice *punto di congelamento* (*Prime nozioni di fisica*, § 51).



95. Voi crederete forse che il ghiaccio sia una cosa affatto amorfa, ossia informe. Ebbene, raccogliete, per esempio, sulla manica dell'abito alcune falde di neve ed esaminatete. Vista in massa la neve, od anche quando cade in grossi fiocchi, sembra affatto bianca ed opaca. Ciò dipende dalla rifrazione della luce che attraversa una massa trasparente, ma irregolare e porosa. Ogni briciolo invece, osservato a parte, si vede trasparente come il vetro, e di più ha una forma regolare. Quella forma che i fisici dicono *cristallina*. In altre parole ogni fiocco di neve è un cristallo o un gruppo di cristalli di ghiaccio. Difficilmente potrete distinguere chiaramente la forma cristallina nelle



Fig. 4. — Forme di fiocchi di neve.

falde di neve, perchè i cristalli sono spesso agglomerati in masse amorfe, o già guasti dal mutuo attrito, o già deliquescenti, cioè in parte già strutti in acqua. Aspettate quando cadono quei primi minuzzoli, radi, secchi, appena visibili, e vedete di riceverne alcuni sopra un panno nero. Posso assicurarvi che non ripeterete molte volte l'esperimento senza osservare che quei minuzzoli non sono altro che piccole stelle, altrettanto vaghe quanto varie, tutte però invariabilmente a sei raggi, come quelle che sono disegnate nella fig. 4, la quale vi presenta appunto alcune di quelle stelle o gruppi di cristalli di ghiaccio, come furono già da altri osservati.

96. Quando è adunque che si forma la neve? Quando gli strati superiori dell'atmosfera sono freddi abbastanza, perchè la loro temperatura sia discesa al *punto di congelamento* dell'acqua. Allora le gocce di acqua, in cui si risolvono le nubi pel condensarsi del vapore, diventano immediatamente cristalli di ghiaccio, e questi cadono invece delle gocce di pioggia. Anche d'estate quelle nubi così bianche che voi vedete nuotare nelle più elevate regioni dell'atmosfera, sono probabilmente nubi di neve. Se la neve, almeno al piano e nelle regioni montuose meno elevate, cade soltanto d'inverno, è perchè gli è soltanto in questa stagione che gli strati inferiori dell'atmosfera e il suolo sono freddi abbastanza, perchè le falde di neve non si struggano mentre cadono, e possano rimanere e accumularsi sul suolo, coprendolo di un candido tappeto. Sulle cime delle Alpi, dove fa freddo tutto l'anno, la neve cade e si conserva benissimo anche d'estate.

97. L'umidità dell'aria poi si condensa, si consolida e cade anche d'estate sotto forma di *grandine*, che infine non è altro che pioggia o neve ghiacciata, allo stato deliquescente. Ma essendo formata di grani compatti e talvolta fin della grossezza di un pugno, non ha tempo di liquefarsi interamente nella sua caduta, benchè attraversi un'aria molto calda. La pioggia e la neve sono però i prodotti più importanti, e occorrerà discorrerne più a lungo.

98. *Sommario.* — Prima però di procedere più oltre, volgiamo un istante lo sguardo addietro per fare la somma di ciò che abbiamo imparato circa le evoluzioni del vapore nell'atmosfera. Abbiamo appreso che

ogni superficie acquee sulla faccia del globo svapora, sicchè l'aria è ovunque pregna di vapori che di continuo si producono; che questi vapori si condensano in nubi e nebbie, quindi in rugiade, brine, piogge, nevi e grandini, ritornando, sotto queste forme, alla terra. Così si stabilisce la circolazione delle acque dalla terra all'atmosfera, e dall'atmosfera alla terra. Questa circolazione è tanto necessaria alla terra perchè sia l'abitazione dei viventi, quanto è necessaria la circolazione del sangue perchè si mantenga la vita negli animali. Essa rimescola e purifica l'aria, levandone ciò che la rende impura, come fanno, per esempio, le esalazioni dei camini nelle grandi città. Essa bagna e rinfresca il suolo, rendendolo atto a nutrire la vegetazione. Essa alimenta le sorgenti, i pozzi e i fiumi. La circolazione acquee si può dunque dire veramente la prima fonte della vita del globo. Questa parte così importante del gran meccanismo del globo, è meritevole delle più serie considerazioni. Tiriamo dunque innanzi per vedere che avvenga della pioggia e della neve, dopo che furono scaricate dall'atmosfera sulla superficie della terra.

## DELL'IDROGRAFIA, OSSIA DELLA CIRCOLAZIONE DELLE ACQUE SULLA TERRA.

### I. — CHE AVVIENE DELLA PIOGGIA.

99. Benchè l'aria rubi continuamente dell'acqua alla superficie della terra, mediante l'evaporazione, e gliela restituisca per mezzo della condensazione, pure, a sommar tutto insieme ciò che si osserva durante l'anno,

il mare, i laghi, i fiumi, non si mostrano nè in perdita, nè in guadagno. Bisogna dire adunque che questi due processi di evaporazione e di condensazione si compensino fra loro esattamente.

100. È però anche evidente che l'acqua, la quale ad ogni poco si precipita, non è sull'istante evaporata. Quando cade un acquazzone, non si vedono tosto prosciugarsi le vie. Se poi la pioggia continua parecchie ore, il paese ne è tutto inondato, e rimane al molle per più giorni, anche dopo che la pioggia è cessata. La scomparsa dell'acqua è dovuta solo in parte all'evaporazione. Un'altra parte molto considerevole se ne va per altra via.

101. Una bella porzione piove sul mare e si mescola coll'acqua salsa, e compensa in parte quella quantità di acqua che il mare perde per evaporazione. Il mare è quella grande superficie evaporante, da cui l'atmosfera trae la massima parte de' suoi vapori.

102. Enorme dev'essere pure la quantità di acqua che cade sulla terra asciutta. Per le Isole Brittaniche, per esempio, si fa ascendere a circa 68 miglia cubiche la quantità che vi piove annualmente; ma vi hanno regioni ancor più piovose. Osservando che avvenga di quell'acqua, voi trovate che, ben lungi dal ritornare immediatamente in seno all'atmosfera, è obbligata a intraprendere un altro giro di circolazione. Osservate che cosa avviene quando piove forte. Ruscelli d'acqua fangosa scorrono per le vie e pei larghi, e giù pei fianchi delle colline e delle montagne. Se vi risolvete a tener dietro ad uno di quei ruscelli, lo vedete unirsi ad altri scoli per formare un torrentello; questo raggiunge un torrente, e questo, alla sua volta, corre a precipitarsi in un fiume, il quale finalmente mette foce in mare. Pen-

sate quanti ruscelli, quanti torrenti, quanti fiumi scorrono su tutta l'immensa superficie della terra, e converrete meco che dev'essere veramente strepitosa la quantità d'acqua che, piovendo dalle nubi, viene per questa via a raccogliersi nell'oceano.

103. Credete voi però che, salvo la parte che è portata via immediatamente dall'evaporazione, tutta l'acqua che piove sulla terra, sia versata in mare per mezzo dei fiumi? Mainò: è facile persuadersi del contrario. Supponiamo di trovarci sopra un terreno arido e polveroso, sul quale un po' di tempo dopo cada la pioggia. Quando essa ha dato luogo, trovate voi forse il terreno ancora così secco? Mai più. Perché? Perché quel terreno si è imbevuto d'acqua, o, in altre parole, perchè una porzione della pioggia vi si è infiltrata. Se poi vi mettete a scavare il suolo, o date mente al contadino che stia scavandovi una fossa, troverete che l'acqua è penetrata profondamente nel suolo, e che questo ne è tutto inzuppato, talmente che la vedrete talora raccogliersi sul fondo dello scavo, in guisa da poterla attingere come ad una sorgente. Insomma una buona parte dell'acqua che piove sulla terra, filtra attraverso il suolo, che tutto ne rimane imbibito. Voi potete credere adunque che l'acqua, la quale così scompare, sia per sempre sottratta alla generale rivoluzione a cui abbiamo assistito. Come potrebbe infatti, perduta nelle viscere della terra, riguadagnare la superficie?

104. Eppure, pensandoci un istante, sarete convinti che quell'acqua non va perduta. Se tutta quella quantità di acqua che si sprofonda sotterra, fosse perduta per la generale circolazione alla superficie, dovrebbe, su questa, andare continuamente e sensibil-

mente diminuendo. Il mare diverrebbe più angusto e più basso, i laghi e fiumi si asciugherebbero. Ma in tanti secoli nemmeno il più piccolo sentore di tutto questo. Il livello del mare è sempre rimasto costante; i laghi rigurgitano; i fiumi corrono gonfi come per lo passato. A dispetto dell'acqua che ogni giorno si inabissa sotterra, la circolazione, dall'atmosfera alla terra e dalla terra all'atmosfera, è più attiva che mai; il mare non se ne dà per inteso.

105. È forza conchiudere che le acque sotterranee trovino pure una via di ritornare alla superficie. Ciò avviene, come vedremo nel capitolo seguente, per mezzo delle *sorgenti* che sgorgano dalla terra, e danno perenne alimento ai *ruscelli* ed ai *fiumi*, che, come l'altra, la ritornano al mare, e questo, svaporando, la risospinge nell'atmosfera.

106. Intanto voi siete in grado di rispondere alla domanda: *Che avviene della pioggia?* Una certa porzione svapora immediatamente dall'umido suolo, e risale nell'atmosfera; un'altra grossa porzione è raccolta dai fiumi ed è condotta, attraverso i monti e i piani, al mare, che è la grande caldaia d'evaporazione, a cui l'atmosfera attinge i suoi vapori; una terza porzione, parimenti enorme, filtra attraverso il suolo, e dopo chi sa quali giri e rigiri nelle sotterranee regioni, è, dalle sorgenti, ricondotta alla superficie, per essere versata nei fiumi, che la portano pur essa al mare.

107. La pioggia, a quanto abbiám visto, dà origine a due sistemi di correnti, affatto superficiale l'uno, sotterraneo l'altro. Di questo secondo occorre occuparci anzi tutto.

## II. — ORIGINE DELLE SORGENTI.

108. Un po' di attenzione che vi si metta nell' osservare i terreni che formano la superficie dei diversi paesi, basta per farci accorti della loro diversità, riguardo tanto alla loro composizione quanto alla loro struttura. Ve ne ha di duri e di molli, di còmpatti e d'incoerenti, di densi e di molto porosi. Altri sono come d' un sol pezzo, ed altri sono composti di cristalli, di framtumi, di grani. Naturalmente l'acqua non potrà penetrare in tutti i terreni diversi colla stessa rapidità ed in quantità uguale. Un letto di sabbia, per esempio, è eccessivamente *permeabile*, cioè costruito in modo da lasciar passare l'acqua liberamente, perchè la sabbia è composta di grani incoerenti, che si toccano fra loro soltanto in certi punti, lasciando del resto fra loro tanti intervalli, attraverso i quali l'acqua filtra con tutta libertà. Difatti le sabbie, quando piove, si imbevono di acqua come fossero spugne. Se invece prendete un letto d'argilla, lo troverete molto *impermeabile*, essendo formato da particelle finissime, strette tenacemente fra loro, sicchè non danno punto all'acqua libero passo. Dovunque un tale strato si incontri, si opporrà al suo passaggio, e quando è in via di discesa dalla superficie verso l'interno, e quando è di ritorno dall'interno alla superficie. L'acqua così respinta, dovrà cercarsi altra via per giungere al suo destino.

109. Perciò i terreni sabbiosi, come *permeabili*, sono d'ordinario asciutti; mentre i terreni argillosi, come *impermeabili*, sono umidi. La ragione è questa appunto, che i primi facilmente, gli altri assai difficil-

mente, danno licenza all'acqua di cui gli uni e gli altri, benchè in grado molto diverso, si imbevono.

110. L'acqua versata dalle piogge o dal disgelo delle nevi alla superficie della terra, infiltrandosi nel terreno, non vi rimane stazionaria. Se voi scavate una fossa molto profonda, vedrete ben tosto che l'acqua, onde il terreno è imbevuto, comincia a gemere dalle pareti di quella cavità, e si raccoglie sul fondo formando uno stagno. Vuotate quello stagno, e sarà di nuovo ripieno dell'acqua che continua a filtrare. Ciò vi dimostra come l'acqua, incontrando sotterra un canale od una cavità qualunque, debba prontamente affluirvi.

111. Le rocce che noi calchiamo, oltre all'essere sovente molto porose, come le arenarie, e perciò molto permeabili, sono tutte attraversate da fessure, le quali, se si riducono talvolta a semplici crepature lineari, come quelle dei vetri delle finestre, acquistano anche sovente le dimensioni di larghe spaccature o di vaste gallerie. Sono esse altrettanti canali, piccoli o grandi, che servono a dar passaggio alle acque nell'interno del globo. Perciò, sia pure la roccia dura e compatta quanto si vuole, e quindi impermeabile al massimo grado; se è molto screpolata e cavernosa, lascerà passare ugualmente una gran quantità di acqua. Il calcare, per esempio, è ordinariamente una roccia molto compatta, e così densa che l'acqua non può filtrarvi che in quantità minima: ma è pieno d'ordinario di screpolature o di *salts* (così si chiamano le spezzature delle rocce), i quali sono aperti e vuoti, così, che l'acqua vi scorre libera in grande abbondanza.

112. Nei paesi montuosi, certi terreni, benchè posti in pendio e benchè sia piovuto da lungo tempo, si



mostrano umidi ed acquitrinosi. Il sole può ben percuoterli co' suoi raggi un'intera stagione, che il suolo è sempre madido e paludoso. Donde viene quell'acqua? Dall'aria no certamente, poichè anche gli altri terreni dintorno sarebbero bagnati. Quell'acqua non viene dal disopra ma dal dissotto. Essa trapela dallo stesso suolo e in tale abbondanza da mantenerne sempre paludosa la superficie. In altri siti si può osservare che l'acqua non trasuda semplicemente dal terreno, ma vi scorre in forma di limpido ruscello. Rimontandone il corso, arrivereste ad un punto dove esso sgorga immediatamente dal suolo. Eccovi una *sorgente*.

113. La sorgente è uno scaricatore naturale delle acque sotterranee. Come mai, domanderete, può l'acqua sotterranea aver di tali scaricatori? Che ne la spinge dall'interno del globo alla superficie?

114. Il presente diagramma (fig. 5) vi mostra come giaciono le rocce in rapporto le une colle altre, e come le trovereste, quando doveste fare un taglio profondo sotto la superficie del suolo. Esse, come vedete, giaciono

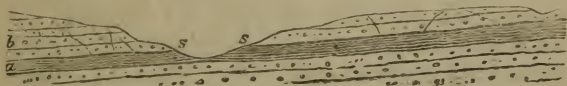


Fig. 5. — Origine delle sorgenti.

a strati o a letti, distesi l'uno sull'altro. Supponiamo che *a* sia uno strato piano di roccia impermeabile, per esempio, d'argilla, e *b* un altro poroso, quindi permeabile, per esempio, di sabbia. La pioggia, cadendo sulla superficie del suolo, penetra attraverso lo strato supe-

riore *b*, e si arresta alla superficie dell' inferiore *a*. Non potendo attraversarlo, sarà costretta a scorrere sopra esso. Se un' intaccatura, cioè una valle, si sprofonda fin sotto al livello della superficie superiore dello strato impermeabile *a*, lungo il quale l' acqua sotterranea sta scorrendo, come abbiám detto, il suo corso sarà interrotto, e uscirà fuori sui fianchi o sul fondo della valle, come mostra il diagramma, nei due punti *s s*. Il punto dove sgorga una sorgente potrà essere tanto in corrispondenza col piano di contatto tra uno strato permeabile con uno impermeabile, come è il caso contemplato nel diagramma, quanto con una di quelle numerose crepature di cui si è parlato (§ 111). Comunque, l' acqua non può nè entrare nè uscire, se il suolo non le presenta aperta una via; ma questa via la troverà sempre facilmente, tante sono le screpolature che si incontrano in ogni terreno.

115. È certo però che una grande quantità delle acque sotterranee discende sotto al livello delle valli, e sotto a quello del mare; ma poi, benchè sia discesa alla profondità di molte miglia, finisce pur sempre a restituirsì alla superficie del globo. Per intendere più chiaramente come ciò avvenga, supponiamo di tener dietro ad una goccia d' acqua, dal momento che penetra nel suolo sotto forma di pioggia, fino a quello in cui, dopo aver viaggiato su e giù nei sotterranei labirinti, ritorna di nuovo alla superficie. Essa filtra attraverso al terreno con altre gocce, e si congiunge più tardi a stillicidî o a veri corsi d' acqua, che fanno lo stesso viaggio lungo le crepature e le gallerie aperte nella roccia. Così giunge per avventura ad una profondità di più migliaja di piedi, finchè incontra finalmente una roccia che le vieta di progredire più oltre. In questo suo viaggio fu se-

guita da altre gocce che le tennero dietro in quei tortuosi andirivieni fino al fondo dove incontrò l'ostacolo. Tutte insieme queste gocce formano un' accumulazione d'acqua, la quale è premuta dall'altra, che continua a fluire dalla superficie del terreno. Non potendo più oltre discendere, l'acqua così compressa è forzata a cercare un'altra via per sfuggire. Se esiste qualche crepaccio che, dal punto dove quell'acqua si trova, ascende

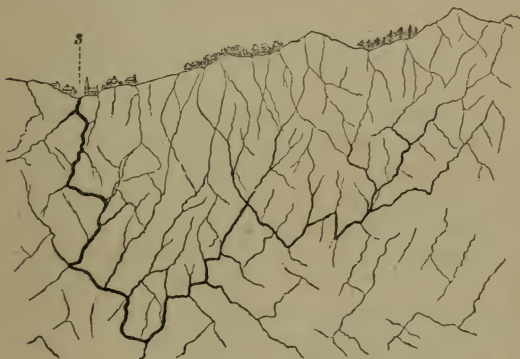


Fig. 6. — Sezione di parte di un distretto per mostrare l'origine profonda di certe sorgenti. Le numerose crepature della roccia conducono l'acqua ad un canale interno, che la riconduce alla superficie come sorgente nel punto s.

verso la superficie della terra, essa, per legge idrostatica, dovrà pure ascendere, finchè abbia di nuovo raggiunta la superficie. Così quell'acqua zampilla all'esterno, forma cioè una sorgente (*Prime nozioni di Fisica*, § 23).

116. Ciascuna delle innumerevoli sorgenti, che sgorgano dal suolo in tutte le regioni del globo, è una prova

che esiste una circolazione sotterranea delle acque, come ne esiste una superficiale. Ma, a parte quella che si deduce da questi sfoghi naturali delle acque sotterranee, altre prove sono fornite dagli scavi artificiali, per esempio dai *pozzi*, i quali non sono altro infine che sorgenti, più o meno profonde, procurate artificialmente. Le pe-  
traje, le miniere, le profonde escavazioni d'ogni genere, sono disturbate dall'afflusso delle acque sotterranee, e si deve alle trombe se si riesce a mantenerle asciutte.

### III. — LAVORO SOTTERRANEO DELLE ACQUE.

127. Nessun'acqua sembra più pura di quella che, come limpido cristallo, gorgoglia dal suolo. Ma nel senso dei chimici non c'è acqua pura se non consta di due soli elementi, l'ossigeno e l'idrogeno. Invece le sorgenti, siano pure limpide e brillanti quanto si voglia, contengono sempre qualche cosa di più. Quando l'acqua sia pura veramente, facendola bollire, si convertirà tutta in vapore, non lasciando alcun residuo. L'acqua di pioggia contiene sempre qualche impurità che essa trae dall'aria; tuttavia si può considerare come pura; non così quella delle sorgenti. Fatela bollire, e rimarrà sempre un residuo di materia solida. La trasparenza e la limpidezza non sono dunque argomento sicuro di purezza (*Prime nozioni di Chimica*, § 20 e 21).

118. Se dunque l'acqua che piove è quasi assolutamente pura, mentre dopo aver corso un certo tempo sotterra, ritorna sempre più o meno ricca di altre sostanze, bisogna dire che queste le abbia prese dalle rocce con cui trovasi a contatto nel suo giro. Quelle sostanze non sono visibili, perchè vi si trovano in quello stato che si chiama di soluzione chimica (*Prime*

*nozioni di Chimica*, § 23). Così, se ponete alcuni grani di sale o di zucchero nell'acqua, si sciolgono e scompajono in seno ad essa. Non li vedrete più; ma il gusto vi avverte della loro presenza.

119. È in questo modo istesso che l'acqua, correndo sotterra, scioglie una certa porzione delle rocce, e questa porzione seco conduce disciolta alla superficie del globo. È però vero che il sale e lo zucchero si sciolgono facilmente nell'acqua; ma come mai può essa sciogliere le pietre?

120. Vi ricorderete che uno dei più importanti ingredienti dell'aria è il gas carbonico, il quale è esalato e fornito all'aria dalle piante e dagli animali (§ 44). Ora la pioggia gliene ruba un pochino, cadendo attraverso l'atmosfera. La pioggia, infatti, si impossessa dei diversi ingredienti dell'aria, seco traendo nella sua caduta acido carbonico, pulviscoli, fuliggine, vapori nocivi, minuti organismi, e altre sostanze nuotanti nell'aria. È così appunto che la pioggia purifica l'aria e la rende più salubre.

121. Non è però soltanto dall'aria che la pioggia acquista ciò che la rende men pura. Toccando il suolo, aumenta d'assai la dose delle sue impurità. Se prendete ad esaminare un po' di terra, raccolta da un campo o da un giardino, voi vi scoprite facilmente delle fibre lignee e delle radichette morte. Quella terra contiene infatti una certa dose di materia organica, e quindi (§ 44) d'acido carbonico e d'altri acidi. Quella terra stessa, posta in una tazza di ferro ad arroventarsi sul fuoco, perde, per effetto della combustione, la materia organica, perciò anche l'acido carbonico, e cambia colore.

122. Armata dell'acido carbonico che l'acqua ra-

pisce all'aria e, in maggior copia, al suolo vegetale, è preparata ad attaccare le rocce sotterranee e a consumarle, come l'acqua pura far non potrebbe (*Prime nozioni di Chimica*, Esperimento N. 18).

123. L'acqua, contenente in soluzione acido carbonico, esercita una grande potenza su certe rocce, anche durissime. Ne scioglie una certa porzione e la trasporta seco. Quando incontra, per esempio, del carbonato di calce, ossia una roccia calcarea, può tutta discioglierla e contenerla in soluzione, senza perder nulla della sua limpidezza e trasparenza. Nei paesi dove le suddette rocce abbondano, l'azione erosiva dell'acqua è messa in evidenza da ogni maniera di bizzarre incavature alla loro superficie. È là che le sorgenti acquistano il carattere di *minerali*, contenendo in soluzione una quantità di sostanze minerali molto maggiore di quella che ne contengono le acque pluviali e le sorgenti, che son dette *dolci* o *pure*, appunto perchè lo sono quasi alla lettera (*Prime nozioni di Chimica*, § 26).

124. Diverse sostanze, tratte di sotterra dalle sorgenti, giovano alla vita delle piante e degli animali. Il carbonato di calce, il sale, il ferro, hanno un'importanza grandissima. Il primo, per esempio, entra nella composizione delle ossa; il secondo favorisce la digestione; il terzo fornisce al sangue la materia colorante. Le acque ci prestano molte di quelle sostanze che sono necessarie al nostro mantenimento; è per questa ragione che, per bere o per cuocere gli alimenti, sono preferibili le acque delle sorgenti, alla pura acqua di pioggia.

125. Se ogni sorgente lavora di continuo a portare dall'interno del globo diversi materiali alla sua superficie, è naturale che la quantità delle rocce interne di-

sciolte ed esportate finirà ad essere enorme. Vi dovranno esser certamente sotterra canali e gallerie scavate dall'acqua, mentre, colla perdita continua di materiale alla



Fig. 7. — Canale sotterraneo scavato dall'acqua sotterra colla soluzione di una roccia calcarea.

superficie su cui l'acqua scorre, ogni più angusta fessura potrà cambiarsi finalmente in una caverna. Tale è appunto l'origine di certe caverne alte parecchi metri e

lunghe molte miglia, che si scoprono nelle diverse parti del globo.

#### IV. — DEGRADAZIONE DELLA SUPERFICIE TERRESTRE.

126. Un pezzo di marmo lavorato, pur che sia stato qualche secolo esposto all'aria aperta, avrà, per lo meno, perduto il liscio che gli venne dato in origine dallo scarpellino. Il più delle volte anzi le pietre che hanno servito a costruzioni d'opere un po' vecchie, sono rôse, tarlate; nè di rado vi accadrà di osservare le sculture e i fregi che adornano gli stipiti delle finestre e gli architravi delle porte in tal guisa malconci, che non sapete nemmeno che cosa abbian voluto rappresentare. È questa erosione, questo guasto prodotto dal tempo, che imprime agli antichi monumenti quel carattere di vetustà che li distingue, talchè non vi verrebbe nemmeno in mente di sospettare che un edificio fosse antico, quando il vedeste conservare una certa freschezza.

127. Aggirandovi tra le tombe d'un cimitero, esse vi appajono tanto più guaste, quanto più antica è la data che vi leggete scolpita; nè è raro il caso che, dopo alcune generazioni, i nomi e le iscrizioni siano divenuti illeggibili.

128. Vi ha egli un fatto più volgare di questa rovina che anche le pietre più dure subiscono col tempo? Ma non avete voi mai cercato di sapere come questo avvenga? Quale ne è l'agente distruttore, e quali leggi sono messe in evidenza da questo processo?

129. Trattandosi di sculture o di costruzioni in pietra tagliata, si può facilmente verificarne il guasto e misurarne la profondità, partendo dall'idea che quelle pietre, ora sì logore ed incavate, uscirono un tempo



lisce e foggiate a modo dalle mani dell' artefice. Il gua-  
sto però non si limita, naturalmente, ai manufatti ; ma  
si estende a tutte le rocce che sono esposte all' atmo-  
sfera su tutta la superficie del globo.

130. Importa troppo di persuadersi di questo fatto,  
perchè non dobbiate lasciar sfuggire nessuna occasione  
per verificarlo. Esaminate quanti edificî o sculture vi  
capitano sotto gli occhi: osservate quante rupi, o frane,  
o fianchi di valli vi si presentano nei dintorni del vo-  
stro paese. Alla base d' ogni scogliera vedrete senza  
dubbio dei cumuli, enormi talora, di massi, di ciottoli,  
insomma di frammenti più o meno grossi di rocce fra-  
nati dall' alto ; nè all' epoca del disgelo, che succede ad  
un rigido inverno, vi sarà difficile di rimarcare, dirò  
così, le cicatrici che nel fianco della montagna hanno  
lasciato i massi che allora allora se ne sono staccati e  
venner giù precipitando a crescere il cumulo della ro-  
vina che ingombra il fondo della valle.

131. Non avrete bisogno certamente di uscire dal  
vostro distretto per persuadervi che anche le rocce più  
dure, a dispetto della loro apparente saldezza, si fran-  
tumano e cadono a brani. Non v' ha roccia che, esposta  
all' atmosfera, possa sottrarsi alla distruzione. Vediamo  
piuttosto come abbia luogo una così universale e con-  
tinua modificazione della superficie del globo.

132. Ritornate col pensiero un istante a quella po-  
derosa attività dissolvente dell' *acido carbonico*, che vi  
apparve più sopra così dimostrata (§ 123). Vi ricordate  
certamente che la pioggia rapisce all' aria una piccola  
quantità di quell' acido, per cui, cadendo sul suolo, ha  
acquistato la virtù di sciogliere e portar via una certa  
porzione di roccia. Tale virtù non vien meno all' acqua,  
nemmeno quando scorre raccolta entro il letto d' un

fiume, o quando stagna entro i bacini scavati nel suolo; sicchè si può dire che la virtù solvente della pioggia, dura quanto dura l'acqua stessa che piove. Vi sono delle rocce, per esempio i calcari, che si sciolgono interamente, o quasi interamente, nell'acqua, che, scorrendo, seco le trasporta in soluzione. D'altre rocce invece l'acqua non scioglie che quella porzione, la quale serve di cemento alle altre che rimangono intatte. In questo caso la roccia, priva di cemento, si sgretolà, si sfascia, finchè non è più che una massa di sabbia o di terriccio, che vien poi trascinato via dalle acque scorrenti. Prima causa della degradazione delle rocce è adunque l'azione dell'acido carbonico disciolto nelle acque piovanti.

133. Seconda causa di degradazione è l'*ossigene* di quella porzione d'aria che si contiene invariabilmente nell'acqua pluviale. Un pezzo di ferro che rimanga esposto all'atmosfera, in breve tempo si copre di ruggine, tanto più quando ciò avvenga in un paese d'umido clima. Avrete osservato come col tempo si consumano le inferriate e i cancelli di ferro, ricoprendosi di una crosta gialla, polverosa, che lorda le dita, e con estrema facilità si stacca dalle barre consumate. La ruggine è prodotta dalla combinazione dell'ossigene col ferro. L'irrugginimento, ossia l'ossidazione, non cessa finchè vi sia un briciolo di ferro da consumare. E si consuma infatti, mentre la ruggine, sostanza solubile e pulverulenta, cade sul suolo, ed è, man mano che si forma, portata via dall'acqua. Ciò che avviene del ferro, avviene delle rocce che ferro contengono. Sono molte quelle che irrugginiscono a contatto dell'umida atmosfera, ed è sempre l'ossigene che opera in questo processo. Mentre la superficie irrugginita della roccia

è portata via dall' acqua, il processo d' ossidazione e di decomposizione si estende successivamente agli strati più interni, finchè tutta la massa sia ugualmente ossidata, decomposta e spostata dalle acque.

134. Un terzo agente distruttore delle rocce è il gelo. Voi ne conoscete gli effetti. Sapete, per esempio, che durante l' inverno, se il freddo fa bene la sua parte, crepano i tubi pieni d' acqua e si spaccano da cima a fondo le brocche. Nessuna meraviglia di ciò, mentre sappiamo che l' acqua si dilata, cioè, aumenta di volume congelandosi; sicchè il ghiaccio, non potendo più capire entro lo spazio che occupava il liquido dapprima, urta, con forza meravigliosa, contro le pareti interne dell' ambiente, e le spezza (*Prime nozioni di Fisica*, § 61).

135. Avete appreso testè a conoscere con quanta facilità l' acqua, cadendo dalle nubi, filtri attraverso al suolo. Anche le rocce più compatte sono più o meno porose, e contengono una certa quantità d' acqua. Ogni poro è come un piccolo vaso pieno d' acqua, la quale, congelandosi nel rigido inverno, è capace di spezzarlo. Così la roccia è minata quasi da altrettante piccole bombe, quanti sono i pori o le crepature che contengono acqua, e basta una notte di gelo perchè una roccia qualunque sia ridotta in piccoli frantumi.

136. Sono curiosi a vedersi gli effetti che, per questa via, produce il gelo alla superficie del suolo, dove è più frequente. Percorrendo una via quando avviene il disgelo, vedrete come le piccole pietre si mostrano spinte un poco in su, e la superficie della via è coperta d' uno strato di fina fanghiglia. Il gelo ha separato fra loro i grani di sabbia e di marna, e fattone un impasto come di una malta. Questa operazione del gelo non è di poco servizio all' agricoltore, il quale trovasi così smi-

nuzzato naturalmente il suolo, e reso più facilmente accessibile alle radici ed alle barbe delle piante. Anche la dura roccia però va soggetta alla stessa azione, benchè i suoi pori, essendo più angusti e la sua tessitura più compatta, si trovi più atta del suolo terroso ordinario a resistervi. Vuol dire che le rocce più porose, e quelle che sono capaci di trattenere più a lungo l'interna umidità, saranno più soggette a guastarsi per questa via. Si vedono infatti certe arenarie, certi graniti, composti di grani che lasciano una quantità di piccoli vacui fra loro, sfasciarsi in breve tempo sotto l'azione del gelo o del disgelo, finchè un ciottolo durissimo è ridotto ad una manata di sabbia. Così anche le rupi più salde si scrostano, si disquamano, si polverizzano, risolvendosi in libere particelle, che vengono mano mano scopate via dalla pioggia e dal vento.

137. Come gela l'acqua entro i pori della roccia, così, abbiám detto, gela nelle crepature o nelle giunte, come anche si dicono, che attraversano sempre in gran numero le masse rocciose. Non avrete forse mancato di osservare, guardando una scogliera o l'interno di una cava di pietre, che anche le rocce più compatte sono percorse da certe linee, o suture, che mantengono una certa direzione abbastanza regolare, per cui la roccia o si divide da sè, o può esserlo facilmente dal cavatore, in parallelepipedi d'una certa regolarità. Sono queste medesime giunture che abbiám visto offrire la via più ordinaria all'acqua che filtra dal suolo verso l'interno (§ 111). È ben poca la quantità d'acqua che può passare attraverso quelle fessure affatto lineari; ma quella poca la vi si mantiene sempre, mentre costantemente vi si rinnovella filtrando dal suolò per scendere in basso. Se gela, preme con forza incredibile contro le due pa-

reti della crepatura. Tanto basta perchè riesca una volta o l'altra a dilatarla un tantino. L'acqua vi entra in maggior copia, e acquista, in proporzione del volume maggiore, una maggior forza di dilatazione, se gela.



Fig. 8. — Degradazione di una rupe.

Verremo a un punto, che la rupe, minata in tutti i sensi dall'acqua che si congela in altrettante giunture, andrà in cento pezzi, e nulla di più facile che i più su-

perficiali si staccino dalla rupe matrice, e precipitino giù giù abbandonati all' impeto della frana.

138. Questa demolizione in grande è rappresentata dal diagramma (fig. 8) che vi pongo sott'occhio, il quale offre lo spaccato d'una rupe attraversata da giunture perpendicolari, dette anche *linee di clivaggio*. Esse, come vedete, si allargarono a tal punto, sulla fronte della rupe, che molti massi, resi liberi, caddero accumulandosele al piede. È meraviglioso a vedere su che vasta scala si opera un tale sfacelo nelle regioni montuose soggette a rigidi inverni. Nelle Alpi e nelle Prealpi, per esempio, nulla di più ordinario che il vedere le montagne sepolte fino a grande altezza, talora fin quasi alla cima, sotto le proprie macerie.

139. All'acido carbonico, all'ossigene, al gelo e disgelo si aggiungono altri congiurati a rovinare la superficie del pianeta. Così, per esempio, la roccia che si dilata, riscaldandosi al sole di giorno, si contrae, raffreddandosi di notte. Questo dilatarsi e restringersi, che si alterna talora assai bruscamente, basta a staccare delle particelle, delle croste superficiali, che cadono l'una dopo l'altra, finchè la roccia sia per questa e per altra via consunta.

140. Anche il frequente passaggio dall'umidità alla secchezza, e viceversa, per l'azione alternante della pioggia, del sole, del vento, è causa per cui le rocce si consumino.

141. Vedete dunque per quante ragioni anche le rocce più salde vanno soggette a decomporsi, a smiuzzarsi, ad essere un brano dopo l'altro rimosse. Non v'ha eccezione per nessuna: non si può far questione che di quantità e di tempo. Guardando infatti con attenzione le diverse parti di un antico edificio, vedrete che

non tutte sono guaste nello stesso grado. Certe pietre, meglio resistenti, si reggono ancora ben salde, mentre altre sono ormai disfatte. Così anche in natura. Quella rupe, composta di una certa roccia, si consuma più rapidamente di questa formata d'una roccia di tutt'altra natura: e se v'hanno paesi coperti di macerie ai piedi di montagne crollanti, ve ne hanno altri che resistono da secoli, quasi avessero montagne di diamante.

142. Come l'andrà dunque a finire, direte voi, con questo mondo che si sfascia? — Noi ci formiamo una falsa idea della stabilità del mondo, come essa dovesse consistere piuttosto nella immobilità de' suoi elementi, che nella vita che all'universo deriva dallo svolgersi ordinato di ciascuno e di tutti, Vediamo che da una montagna si stacca un masso, un sassolino, e subito gridiamo che il mondo si guasta. Si guasta? Quante centinaja e migliaja di anni che su tutta quanta la superficie del globo si esercita furiosa, implacabile, la furia degli elementi! tutta la superficie della terra si decompone, si disquama, si polverizza. Quante rupi, quante montagne devono essere cadute sotto il martello demolitore del tempo, come caddero sfasciati i monumenti dell'arte, a cui la data non assegna che alcuni secoli di antichità! Eppure, guardate come la terra sorride col sorriso di una perenne gioventù, coperta di florida verzura, popolata da miriadi di animali. Se vi ha dunque una mano che distrugge, vi ha un'altra mano che riedifica. Una parte almeno di questo lavoro di riparazione noi lo vediamo, osservando che avvenga di quei brani di roccia, che di continuo si staccano dalla superficie del globo, e sono dalle acque portate altrove. Ecco il soggetto del capitolo seguente.

V. CHE AVVENGA DEI BRANI DELLE ROCCE STACCATI  
DAGLI AGENTI ATMOSFERICI  
OSSIA DELLA FORMAZIONE DEL SUOLO VEGETALE.

143. Raccogliete da un campo, da un giardino, un pugno di terra, e osservatelo attentamente. Di che è formato? Pezzetti di rocce decomposte, grani di sabbia, particelle d'argilla, e qua e là sparse fibre vegetali; il tutt'insieme forma un terriccio che deve il color nero alla decomposizione d'ogni sorta di reliquie di vegetali e d'animali. Vogliamo ora sapere come quei materiali di così diversa natura si trovano così uniti a formare un tutto, che presenta dovunque un così enorme sviluppo.

144. Ricordiamo primieramente il fenomeno così universale della decomposizione della superficie del globo, che si indica coi nomi di degradazione, di erosione o simili. Benchè le rocce si scompongano in frantumi che l'acqua disperde, sicchè la mole delle montagne va diventando d'anno in anno più piccola, la superficie della terra non perde neppure un atomo della materia di cui è composta. Le rocce si decompongono, ma non si distruggono; cambiano condizioni e forma, ma non perdono sostanza. Che cosa avviene adunque di tutto quel materiale rapito dalle acque alle montagne che ci sorgono all'ingiro?

145. Ogni goccia di pioggia che cade sopra una regione, serve ad alterarne la superficie. Avete già tenuto dietro al processo di quell'*azione chimica*, per cui la pioggia lavora a sciogliere le rocce. Gli è appunto coll'insistere di questa azione solvente della pioggia, goccia per goccia, scroscio per scroscio, che, dopo tanti



anni, dopo tanti secoli, le rocce vi appajono così logore e consunte. Ma, oltre la chimica, la pioggia esercitò un'azione *meccanica*.

146. State a vedere che cosa avvenga quando le prime gocce di un acquazzone battono sopra un suolo sabbioso o polveroso, come può essere una pubblica via. Ogni goccia vi lascia un'impressione, una fossetta, respingendo da sè all'ingiro la sabbia o la polvere. È naturale, che al modo stesso le gocce, scorrendo e riunendosi a formare un rigagno, abbiano la forza di trascinare giù seco quelle stesse particelle di sabbia o di polvere, o le altre minuzie che incontrano per via. Questa azione è tutta meccanica, operando il trasporto dei

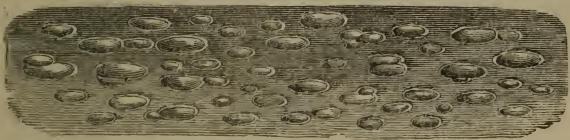


Fig. 9. — Impressioni lasciate da gocce di pioggia sulla sabbia e sul fango.

materiali senza mutarne lo stato, mentre è chimica l'azione che scioglie, per esempio, nell'acqua lo zucchero o il sale. Ogni goccia d'acqua può esercitare o l'una o l'altra di tali azioni sulle rocce, od anche ambedue contemporaneamente, sciogliendo, per esempio, chimicamente il ferro contenuto in un grano di sabbia, cui trasporta via meccanicamente.

147. Ma voi forse desiderate maggior chiarezza in questo che si dice della potenza dell'acqua nello scomporre le rocce. Vi farò dunque riflettere che l'acqua, non solo decompone la roccia alla superfice fino ad

una certa profondità, formandovi come una crosta di roccia molle, incoerente, o marcia, come suol dirsi, ma porta anche via la crosta formata; sicchè una seconda superficie di roccia sana si trova esposta all'azione immediata degli agenti descritti. Così è un continuo convertirsi di rocce sane e salde, in rocce marce e polverose, il cui materiale incoerente in parte va a deporsi nelle depressioni del suolo, o sui piani, o sui pendii, in parte è condotto fino ai fiumi e da essi trascinato in mare.

148. Il suolo vegetale non consta d'altro che di tritume di rocce, misto a tritume di piante e d'animali. Se vi hanno suoli di diversa natura, gli è perchè sono di diversa natura le rocce che hanno prestato il materiale primo a quello piuttosto che a questo. Se in un paese dominano le arenarie, ne risulterà un suolo sabbioso; calcareo invece o argilloso se vi dominano i calcari o le argille.

149. Senza la decomposizione delle rocce in suolo vegetale, la terra non potrebbe rivestire quel manto di verdura che l'adorna. Le nude rocce non permettono alle radici delle piante d'insinuarsi. Ma le stesse rocce, col decomporsi, forniscono un suolo ferace alle valli ed alle pianure; nè rimangono nude che le rupi e le scogliere, le quali siano così irte e scoscese che il terriccio non possa trovar luogo ove posarsi.

150. Siccome la degradazione delle rocce è continua, così continua è la formazione del suolo. Se così non fosse, se cioè, una volta formatosi uno strato di terriccio, questo rimanesse fermo, senza rinnovarsi, farebbero presto le piante ad appropriarsi quanto vi ha d'elementi vitali nel suolo, lasciandolo poi in uno stato di totale esaurimento. Ma invece una parte del

suolo è continuamente portata via della pioggia, mentre nuove particelle di roccia, frescamente decomposte, vengono a sostituirsele, per la stessa ragione che la stessa roccia formante il sottosuolo, anch'essa, per decomposizione, si trasforma in suolo. Così i massi, i ciottoli sparsi nel suolo, si decompongono anch'essi e formano suolo. Insomma il suolo, lentamente sì, ma continuamente si rinnovella.

151. Anche le piante servono a formare e a rinnovare il suolo. Le radici e le barbe, penetrando tra grano e grano, insinuandosi nelle giunture, nelle crepature, poi gonfiandosi, mandano in pezzi la roccia. Intanto le parti vegetali che si decompongono, emettono una gran quantità di acido carbonico che intacca le rocce, e prestano al suolo la materia organica. Fino i vermicelli, che vi si mostrano vivi vangando la terra, rendono il loro servizio all'agricoltura, mescolando il suolo, e rimutandolo continuamente dal sotto in su.

152. Pensando a questo processo di formazione e di rimutamento del suolo, dobbiamo conchiudere che tutta la superficie della terra asciutta si muove da monte a valle, ed è tutta in viaggio verso il mare. Questo viaggio può costare ad una particella di roccia, che si stacca da montana cresta, centinaja e migliaia d'anni. Ogni grano di sabbia può rimanere per secoli sul pendio, per essere, chi sa quando, portato giù a far parte del suolo che ricopre il fondo alla valle: il fiume penserà a suo tempo a portarselo più in giù per abbandonarlo a giacere, per anni e secoli, in un letto d'alluvione. Al mare ci arriverà quando Dio vuole; ma ci arriverà.

153. Per formarsi un'idea della quantità del suolo

vegetale di cui le acque alleggeriscono un paese, bisogna andare a vedere che cosa avvenga ad ogni diluviare di piogge. Ogni ruscello, ogni torrente, diventa giallo o nero per la quantità enorme di fango (che è poi suolo o roccia decomposta), la quale vien lavata giù, mediante la pioggia, dai circostanti pendii. La parte più fina del fango è tenuta dall'acqua in sospensione; la più grossa trascinata sul fondo; ma l'una e l'altra non sono che sfasciume di rocce, rapito alla terraferma ed in cammino verso il mare. Pensate che quest'affare cammina già da molti secoli, diciamo dal principio dei secoli, così; e ditemi se questo lavoro della pioggia, che può sembrare cosa da nulla, visto volta per volta, non debba finire col cambiare interamente la faccia di una regione, se pure non l'ha già fatto chi sa quante volte.

#### VI. — ORIGINE DEI TORRENTI E DEI FIUMI.

154. Qui bisogna richiamare ciò ch'è si è appreso precedentemente (§ 108) riguardo a ciò che avviene dell'acqua pluviale. Voi ricordate come una porzione di essa si addentra sotto il suolo, e l'avete veduta, per entro le viscere della terra, scoprire la via del ritorno alla superficie. Un'altra porzione intanto voi la vedeste scorrere sulla stessa superficie pei diversi sentieri dei torrenti e dei fiumi.

155. Nulla può istruirvi in proposito meglio di una via, leggermente inclinata, quando è inondata da un acquazzone. Supponete di percorrere detta via in tale circostanza, facendovi delle soste là dove è più ripida la discesa. Vedete anzitutto come ciascuno dei goccioloni, coi quali comincia d'ordinario un rovescio

di pioggia, scava in mezzo alla polvere una di quelle fossette superiormente descritte (§ 146). Col crescere della pioggia, quelle impronte scompajono, e tutta la via si trasforma quasi in scorrevole pantano. Guardate come l'acqua si volge all'ingiù.

156. Osservando più partitamente, troverete che la via è tutta seminata di piccole asprezze. Qui un lungo solco; là un sasso che sporge; e così via, via, tante irregolarità che l'acqua mette in evidenza, mentre difficilmente l'occhio le avrebbe scoperte sulla strada quand'era asciutta. Ogni più piccola depressione, come ogni più piccolo rilievo, hanno una speciale influenza sul corso dell'acqua. Così dove si apre un solco, le gocce d'acque, insieme fluendo, formano un ruscelletto, mentre le pietruzze sporgenti lo fanno rifluire, e lo costringono a gettarsi, serpeggiando, ora a destra e ora a sinistra.

157. Presso la sommità del pendio della strada non si vedono che alcuni piccoli rigagni; ma più in giù crescono di numero e di potenza. Al tempo stesso confluiscono gli uni cogli altri, finchè, al piede della discesa, ruscelli e gore abbastanza considerevoli scorrono, abbondantemente nutriti dagli scolatizî che continuano a discendere dalla parte della via più elevata.

158. Questa via inclinata, colle sue ramificazioni di ruscelli di pioggia, confluenti in più larghe correnti al piede della discesa, rappresenta benissimo i grandi piani inclinati dei paesi e dei continenti, a cui rivolgiamo di nuovo la nostra attenzione.

159. Perchè l'acqua scorre sul pendio di una strada? Perchè scorrono i fiumi? Perchè si muovono continuamente nella stessa direzione? Per la stessa ragione, rispondo, per cui discende sul suolo un sasso,

abbandonato a sè stesso; perchè, voglio dire, l'acqua al pari del sasso è soggetta a quella forza di attrazione verso il centro della terra, a cui sappiamo che si dà nomina di *gravità* (*Prime nozioni di Fisica*, § 4). È per questa forza che le gocce di pioggia cadono sul terreno. Cadute che siano, non sono uscite dal suo dominio, e continuano a discendere pei facili canali che loro si presentano aperti. La loro caduta dalle nubi sulla terra è diretta e rapida, ma la loro discesa dalle montagne al mare, in forma di fiume, è talora assai lenta e morbida: nell'uno e nell'altro caso però la ragione del movimento è la stessa. Il lento serpeggiare del fiume, il correre vorticoso del torrente, il precipitarsi della cascata, dimostrano come imperi sulle acque del globo la legge sovrana della gravità.

160. In balia per tal modo della forza di gravità, ogni goccia di pioggia che cade sulla terra è costretta a discendere sul pendio, e correr sempre, finchè non vi sia un ostacolo che l'arresti. Sulla superficie del globo vi sono anzitutto quelle cavità, dette *laghi*, le quali arrestano una certa porzione delle acque scorrenti, come fanno quei pozzetti che trovansi sovente sulle vie riempiti dalla pioggia. Ma i laghi d'ordinario lasciano sfuggire a valle l'acqua che raccolgono a monte, non permettendole che una sosta più o meno lunga, dopo la quale essa è costretta a riprendere il suo cammino verso il mare. Qui soltanto, in questa immane cisterna, trovano pace tutte le acque circolanti sulla superficie del globo, finchè non ritornino di nuovo, fatte vapore, in seno alle nubi, per ricominciare daccapo la loro peregrinazione.

161. Se la superficie di un paese fosse un rilievo a due pioventi, tutto eguale, come il tetto d'una casa,

la pioggia scorrerebbe giù rapidamente pei due versanti al mare. Ma questo non è punto il carattere generale delle diverse contrade, dove invece le montagne, i colli, le valli, le gole, i laghi, formano un rilievo vario ed irregolare. Oltre queste grandi ineguaglianze della superficie terrestre, che colpiscono l'occhio di chicchessia, anche i paesi apparentemente più piani presentano delle pendenze e delle piccole disuguaglianze di livello (precisamente come avete visto la via sparsa di asprezze) le quali non si rimarcano che quando la via stessa è inondata dalla pioggia. L'acqua è un livello delicatissimo, che mette in evidenza anche le più piccole irregolarità della superficie di un paese. Essa infatti non vorrà mai ascendere un pendio, per quanto minimo, ma tenderà sempre a discendere verso quel punto, dove la superficie del suolo è più depressa.

162. È chiaro adunque che la pioggia, benchè cada nella stessa quantità su tutta la superficie di un paese, non può esservi con pari uguaglianza distribuita; poichè, essendo il terreno irregolare, ci saranno rilievi che sono prontamente posti all'asciutto, e depressioni dove l'acqua si aduna scorrendo e stagnando. È per questa irregolare disposizione del terreno che l'acqua si raccoglie e scorre, formando torrenti e fiumi.

163. I torrenti e i fiumi sono i condotti naturali per cui l'acqua, uscita dal mare per via di evaporazione, al mare ritorna, salvo quella parte che è bevuta dal suolo e discende nelle viscere della terra, per dar quindi, col suo ritorno alla superficie, origine alle sorgenti. Se noi consideriamo la grande quantità di pioggia che cade, e il gran numero di torrenti che si formano nelle parti più montuose di una regione, sembra a prima vista impossibile che tutta quell'acqua possa

giungere al mare senza inondare i sottoposti piani. Ma ciò non avviene, perchè se due correnti confluiscono in una, questa non ha bisogno di occupare uno spazio doppio di quello che occupava ciascun confluyente. Talvolta la confluenza ha luogo di maniera che il fiume risultante è più stretto dell'uno o dell'altro dei confluenti; soltanto, esso fiume è più veloce e più profondo. Così cento fiumicelli, insieme confluyendo nella discesa, si riducono ad occupare uno spazio sempre relativamente più piccolo, finchè tutto lo scolo, anche di una regione vastissima, è versato in mare da un sol fiume.

164. Torniamo al nostro paragone della strada inondata. Ascendendo dal piede del pendio, voi vedete i ruscelli di pioggia farsi mano mano più piccoli, finchè, quando si arriva alla sommità, scompaiono affatto. Se da quell'altura la via discende nel verso opposto, vedrete probabilmente da quella parte nascere e discendere, ingrossandosi, altri ruscelli. In quella sommità adunque la pioggia si divide, e una metà scende da una parte, l'altra metà dalla parte opposta.

165. Al modo stesso, se voi partendo dalla foce marina di un fiume, lo rimontate; internandovi nel paese, vedrete che esso si va sempre più impiccolendo, e al tempo stesso ramificando ne'suoi tributarî, per suddividersi più in alto in un numero infinito di torrenti. Ma, andando più in su, i torrenti si suddividono in torrentelli; questi ruscelli, i quali vi guidano ben presto alle rispettive sorgenti, oltre le quali, sempre ascendendo, tutto è asciutto, salvo quando ci piove. Se, raggiunte le supreme creste delle montagne, oltrepassate la linea oltre la quale il terreno comincia di nuovo a discendere dalla parte opposta, troverete, discendendo, altre



sorgenti, poi ruscelli, torrentelli, torrenti, fiumi, che insieme confluendo, ne formano gradatamente uno più grosso che porta la sua foce in mare. Quella linea che separa i due pioventi, e separa due sistemi di fiumi, che scendono in senso opposto l'uno dall'altro, si chiama *spartiacque*. Nell'Italia peninsulare, per esempio, la catena degli Apennini determina due opposti sistemi di fiumi, i quali discendono da una parte all'Adriatico, dall'altra al Tirreno. La linea suprema da cui si dipartono per opposta via i ruscelli, che dan vita a quei due sistemi di fiumi, è lo *spartiacque* dell'Italia peninsulare.

166. Ma vi è un punto in cui il nostro paragone della via piovosa ci vien meno. I ruscelli su quella via non si vedono che quando piove, o quando appena la pioggia è caduta. Cessata questa, l'acqua fa presto a scendere al basso, e non va molto che la via è asciutta e polverosa com'era prima. Invece i fiumi ed i torrenti continuano a scorrere, senza accorgersi che è venuto il bel tempo. Ma adagio! nell'estate, quando sta tanto tempo senza piovere, i fiumi patiscono *la magra*, cioè continuano a scorrere, ma assai più stretti e meno profondi che d'inverno, quando piove assai. Anzi i fiumi si disseccerebbero intieramente, come fanno difatti molti torrenti, se non vi fossero *le sorgenti che, in questo caso, suppliscono alla pioggia*.

167. Benchè il cielo si mantenga sereno, le sorgenti continuano a pagare ai fiumi un tributo di acque. Ma al sopravvenire d'una lunga siccità, molte sorgenti, quelle anzi tutto che vengono da poca profondità, si esauriscono, e i fiumi, che ne traevano alimento, si impiccioliscono od anche si asciugano. Questo avviene principalmente nei paesi, dove i fiumi sono relativamente poveri di acque. I grandi fiumi, come il Missis-

sipi, che ricevono lo scolo da vaste contrade, non si risentono gran fatto nè delle piogge, nè delle siccità che possono aver luogo in una o in altra porzione del loro vasto recipiente.

168. In diverse parti del globo però, i fiumi sono più gonfi nell'estate e nell'autunno, che d'inverno e di primavera. Il Reno, per esempio, e il Po, crescono a preferenza col cominciare del caldo estivo, mentre presentano d'inverno le massime magre. La ragione sta nelle nevi che ricoprono le Alpi dove hanno le loro sorgenti. Le nevi si squagliano rapidamente d'estate e l'acqua che ne è prodotta discende a gonfiare i torrenti e i fiumi. Nell'inverno invece le nevi tengono duro; l'umidità sulle Alpi si condensa in neve, e il freddo è tale che i torrenti stessi talvolta si coprono di ghiaccio. Perciò povere escono le sorgenti e i fiumi si dimagrano.

169. *Sommario.* — Le notizie acquistate nel presente capitolo riguardano la circolazione delle acque. — Dalle regioni più elevate l'acqua discende sempre verso il mare. Però essa non si dilaga sopra tutta la superficie dei paesi, ma si raccoglie, formando i fiumi, che serpeggiando discendono sempre, fino a che si versano in mare. Dal mare si solleva continuamente il vapore acqueo, il quale si condensa in seno all'atmosfera e ricade sulla terra sotto forma di pioggia o di neve, che alimenta i fiumi, i quali l'acque ritornano al mare. Questa circolazione è perpetua.

#### VII. — LAVORO DEI TORRENTI E DEI FIUMI.

170. Il primo capitolo di questo libretto vi ha invitato ad osservare un fiume nel momento più fervido

del suo lavoro. Imaginiamoci di assistere ancora a quella scena, ma prima che scoppi quell' uragano che lo aveva così fieramente gonfiato. Il fiume è là che scorre placido sul suo letto di ghiaia assai più largo di esso. La corrente, limpida e assottigliata dalla siccità, serpeggia tra banchi di sabbia e pantani. Essa non sembra più buona ad altro, che a condurre lentamente al mare l'acqua che scola avaramente dalle campagne circostanti. Vi recherà sorpresa ch'io osi dirvi che essa ha ben altro lavoro da compire, e che di fatto lo compie.

171. Ma considerate come quell'acqua perviene alla corrente. Abbiamo veduto che, durante la siccità, sono le sorgenti che forniscono ai fiumi la maggior parte dell'acqua che ancora li alimenta, e che le sorgenti contengono una quantità maggiore o minore di sostanze minerali, che vanno al fiume coll'acqua che le tiene disciolte. Così ogni fiume, per quanto limpido appaia, conduce al mare una certa quantità di materie minerali. Si è calcolato, per esempio, che il Reno porta al mare annualmente una tal quantità di sali calcarei, che basterebbe perchè se ne componessero il guscio 332 milioni di ostriche. Quei sali, chimicamente disciolti nell'acqua, non ne scemano punto la trasparenza, e non sono altrimenti visibili; ma ciò non toglie che i fiumi in ogni tempo non versino in mare tale quantità di materie che quasi non vi è cifra per calcolarla.

172. Torniamo ora a vedere quello stesso fiume, quando è più gonfia la piena. L'acqua si è fatta sporca e fangosa. Abbiamo già verificato che ciò dipende dalla quantità grande di fango e di sabbia che tiene in sospensione. Mentre ve ne state, supponiamo, un'ora a guardare il torrente che corre giù vorticoso e mug-

gente; sono centinaia e migliaia di tonnellate di ghiaia, di sabbia, di fango, che passano in giù davanti a noi, scopate dall'onda. Oltre le materie in soluzione adunque, i fiumi traggono al mare una quantità enorme di altre materie visibili e palpabili. Ecco qual'è la principale fatica dei fiumi: trasportare in giù verso il mare tutti i materiali disciolti e tutto il detrito, cioè tutto il prodotto dell'azione erosiva che sotto e sopra la superficie della terra esercitano continuamente le piogge e le sorgenti.

173. Ma i fiumi prestano opera anch'essi alla immediata demolizione della superficie terrestre. Ve ne capaciterete, ponendo mente alle rive ed al letto di una corrente, quando è in magra. Quando essa scorre sulla nuda roccia, questa vi appare rósa e scavata. Così i ciottoli, che per avventura vi si trovano sparsi, sono smussati e arrotondati. Que' ciottoli, staccati in origine dalla scogliera per la forza del gelo o per altra qualunque, erano angolosi, a facce piane e terminate da spigoli vivi, come vi si presentano invariabilmente i frantumi rocciosi che giacciono al piede di un precipizio, o di un'erta sassosa. Ma una volta in balla della corrente cominciano a smussarsi, ad arrotondarsi, e, perduti gli spigoli, finiscono a prendere quella forma ellissoidale che è caratteristica dei ciottoli componenti i banchi di ghiaia ordinaria.

174. Mentre così si vanno arrotondando, i ciottoli stessi limano le rocce che fiancheggiano la corrente, o ne costituiscono il fondo. Non è raro di osservare lungo un torrente, ove discenda, sopra un pendio assai ripido, dei vortici d'acqua, e di vedere come le pietre, aggirate da essi, abbiano formato sul fondo roccioso quelle cavità rotonde, a cui fu dato il nome di *mar-*

*mitte*. Quando l' estiva siccità produce la magra, quelle cavità rimangono facilmente all' asciutto, e potete allora osservare che esse sono perfettamente lisce nell' interno, come vi mostra la figura 10.



Fig. 10. — Marmite scavate da un torrente nel letto roccioso.

175. Questo continuo logorarsi delle rocce in posto e dei ciottoli liberi nel letto dei torrenti, ottiene un doppio risultato. Primieramente abbiamo il prodotto

di un'enorme quantità di sabbia e di fango. In secondo luogo il letto del torrente diviene sempre più largo e profondo. La sabbia e il fango così prodotti vengono ad aggiungersi al materiale dello stesso genere che la pioggia conduce ai fiumi, lavando la superficie del paese. L'allargamento e lo sprofondamento delle valli creano quelle gole, quegli abissi, che danno un'impronta così pittoresca al paesaggio alpino.

176. Ormai vi è noto come i torrenti divengano fangosi. Vediamo che avvenga dei fanghi, delle sabbie, delle ghiaje, dei ciottoli, che sono di continuo tratti in giù dalla corrente.

177. Torniamo un'altra volta ad osservare il letto di un fiume nella magra che ha luogo nella stagione estiva. Voi lo vedete qui coperto di montoni di ghiaja, là di banchi di sabbia, e di mezzo a quei materiali più fini, spuntano a volte a volte ciottoli e massi di dura roccia. Prendete di mira una porzione qualunque di quel mobile detrito, e non tarderete ad accorgervi che esso è continuamente portato in giù. Un banco di ghiaja o di sabbia si mostrerà anche lungo tempo allo stesso posto, ma, per effetto dell'acqua che li ricopre e li spinge, i sassolini e i grani di cui è composto si danno continuamente la muta, venendo continuamente d'insu nuovi sassolini e nuovi grani a prendere il posto di quelli che vengono trasportati in giù. Il mobile detrito si comporta ad un dispresso come la corrente. Ritornate ad osservare quei banchi dopo alcuni anni. La corrente è là che scorre tranquilla; sono ancora gli stessi ondeggiamenti, gli stessi gorghi, lo stesso lene mormorio. La corrente non ha mai cessato di scorrere, ma l'acqua si cambiò sempre di minuto in minuto, come la vedete voi stessi sotto i vostri occhi senza posa mutarsi. Così,

il suo letto fu sempre coperto di sabbia e di ghiaja; ma quel mobile detrito si rimutò pure incessantemente, spinto sempre all'ingìù, mentre dalle regioni superiori venne sempre nuovo materiale a prendere il posto di quello che veniva mano mano scopato via dalla corrente.

178. Non è nel letto del fiume che i materiali, tolti alla superficie del paese, sono destinati a restare durevolmente. Il fiume tende continuamente, scorrendo, a liberarsene. Voi avrete forse osservato che i fiumi sono sovente fiancheggiati da tratti di terreno piano, la cui superficie non sovrasta che di qualche metro al pelo dell'acqua. Tale accidente è comune pei nostri fiumi, i quali serpeggiano talora lungamente nel loro letto scavato in seno ad un altipiano uguale ed erboso. Quell'altipiano è formato di fine detrito di rocce decomposte, che fu precedentemente fluitato dalla corrente. Durante la piena, il fiume gonfio e fangoso, sorpassa l'altipiano, traboccando, e lo inonda a destra e a sinistra. Quando questo avviene, la corrente scorre assai più lentamente sul piano innondato, e così rallentata, non può tenere in sospensione tutta la sabbia e il fango di cui era caricata, ed è quindi costretta a deporre una certa porzione sul fondo. Così sulle parti innondate dell'altipiano si depone uno strato di terra abbandonato dalla corrente, che ne rialza un pochino il livello. Ripetendosi d'anno in anno il fenomeno, l'altipiano si eleva talmente che il fiume, il quale intanto ha continuato ad approfondire il suo letto, non può più oltre traboccare anche nelle maggiori piene. Coll'andar del tempo la corrente, continuamente spinta da destra a sinistra e da sinistra a destra, porta via delle porzioni dell'antipiano primitivo,

formandone un secondo ad un livello più basso. Così una serie di terrazzi si forma gradatamente, sicchè le due sponde del fiume prendono l'aspetto di due gradinate, come mostra la figura 11. <sup>1</sup>



Fig. 11. — Sezione dei terrazzi (1, 2, 3) di sabbia, di fango o di ghiaja formati successivamente in un fiume lungo la valle (S, S).

179. I depositi alluvionali, di cui sono formati i terrazzi, sono al postutto temporanei, servendo anch'essi ad alimentare i banchi che ricoprono il fondo del torrente, e ad essere così a poco a poco, coll'andar dei secoli, portati in giù.

180. Quando un fiume mette la sua foce in mare o in un lago, la corrente che trasportava le sabbie e il fango si indebolisce e muore, sicchè tutto il materiale trasportato non tarda a cadere sul fondo. Questo si alza fino a tanto che attinge la superficie della corrente, la cui foce appare su ambo i lati fiancheggiata da spazi paludosi. Durante la piena quei piani semi-asciutti sono di nuovo innondati e quindi coperti di uno strato fangoso o sabbioso, sicchè alla fine si convertono in piani asciutti, che non possono più nem-

<sup>1</sup> Il terrazzamento dei piani alluvionali è fenomeno mondiale che trova propriamente la sua ragione, non nella geografia fisica, ma nella geologia. Sono dolente di non poter ammettere in nessun modo la spiegazione dell'autore (§§ 178 e 179) che, oltre all'essere imperfettissima e mancante di evidenza, è per molta parte erronea ed in contraddizione coll'idraulica fluviale. Mi permetto perciò di avvertire il lettore che la teoria del terrazzamento è ampiamente svolta nel mio *Corso di Geologia*, Volume II, cap. XXX. (Nota del Traduttore.)



meno essere soverchiati dalle piene. In seno a quei piani ancor mobili e facilmente erodibili, la foce del fiume facilmente si divide in più rami, formando una specie di zampa, le cui dita, trattandosi di grandi fiumi, possono essere numerosissimi. Non tarda la vegetazione a ricoprire di un verde tappeto quelle basse



Fig. 12. — Delta del Mississippi.

terre novellamente create, e gli animali a prenderne possesso. La creazione di nuove terre è l'esito finale dell'incessante, multiforme, lavoro dei fiumi.

181. Quelle pianure, così create colla conquista di un'area posseduta dal mare o dai laghi, si chia-

mano *delta*, perchè una di queste formazioni, ben note agli antichi, è quella fabbricata dal Nilo, che presenta appunto la forma della lettera  $\Delta$  dell'alfabeto greco, che appunto chiamasi *delta*. Le pianure create dai fiumi alla rispettiva foce, si accostano più o meno alla figura della lettera suddetta, avendo una base assai larga verso terra, mentre si restringono e si avanzano in punta verso mare. La figura 22 vi presenta l'enorme delta del Mississippi.

182. I *delta* sono dunque formati col materiale rapito alle terre e portato dai fiumi in seno ai laghi ed al mare. Eppure, per quanto vasti e poderosi essi siano, sono ben lungi dal rappresentare tutta la massa del materiale fluitato dalla corrente. Una porzione forse maggiore è deposta sul fondo del mare fino a grandi distanze dalle foci dei fiumi. Il mare è il grande ricettacolo, dove si adunano incessantemente le spoglie dei continenti.

#### VIII. — CAMPI DI NEVE E DI GHIACCIAI.

183. Avendo accompagnato fino al termine delle sue evoluzioni quell'acqua che cade sulla terra sotto forma di pioggia, torniamo a quella che vi cade sotto forma di neve (§ 92) per fare altrettanto.

184. Sopra le maggiori cime delle Prealpi e degli Apennini la neve si mantiene la maggior parte dell'anno: nè è raro il caso di incontrarvi certi seni ombreggiati, certe tasche, in cui la neve rimane accumulata anche per più anni di seguito, sfidando i soli d'agosto.

185. Ma questo fenomeno non ha nulla a che fare con quello che si osserva nella più elevata regione delle Alpi, dove le vette e i fianchi dei monti, i ba-

cini, gli altipiani, le valli, biancheggiano di nevi perpetue. Come profonda e solenne è l' impressione che lasciano nell' anima il silenzio, la severità, la grandezza di quelle regioni delle nevi eterne! Viste dal basso quelle cime nevose, così candide e pure, con quei vaghi riflessi di tutti i colori, di tutte le gradazioni dell' aurora e del tramonto, elevate sovente sopra la zona delle nubi, sembrano già far parte del cielo, piuttosto che di questo basso mondo in cui viviamo. Ma quali espressioni troveremo per dipingere quella maestà che ci assorbe, quando, arditamente arrampicandoci su quei greppi vertiginosi, possiamo stampare l' orma vittoriosa sulle nevi intatte che imbiancano quelle cime sublimi? Creste, aguglie, denti di abbagliante bianchezza che spiccano sopra un fondo di cielo azzurro-cupo, screziate di ombre purpuree, o rotte da negre rupi, che sporgono l' irto capo da quel mantello di neve, che avvolge in un bianco pannello i dorsi e i pendii, e termina al basso con una frangia di lingue di ghiaccio azzurrino, che si allungano giù giù fino alle porte dei villaggi contornati da boschi e da praterie fiorite. Tutto è silenzio in quelle gelate regioni. Solo da lontano il vento ci reca il muggire del torrente, e il rumore della cascata, e a volte a volte il rimbombo della valanga che rotola per la valle o balza dalla rupe, colla voce del tuono.

186. Come mai quelle nevi si eternano sulle cime delle Alpi? Qual parte è a loro affidata nel grande magistero dell' economia della natura?

187. Si è già stabilito (§ 96) che le zone più elevate dell' atmosfera sono freddissime. Sappiamo di più che un clima freddissimo si mantiene nelle regioni attorno ai due poli, tanto che sovr' esse, come sulle cime

delle Alpi, si eternano le nevi ed i ghiacci, ad onta dell'estiva giornata di più mesi che dall'uno all'altro polo si alterna. Siccome le regioni polari, del pari che le più elevate montagne, raggiungono quegli strati dell'atmosfera, la cui temperatura è sempre più bassa del punto di congelamento, così il vapore, concentrandosi, dovrà cadervi costantemente, non già sotto forma di pioggia, ma di neve. Ecco perchè le alte montagne e le regioni polari ne sono costantemente coperte. Non si vuol dire con ciò che il raggio estivo non sia capace di sciogliere la neve anche di quelle cime o di quelle regioni eternamente gelate. No: basta che il calore estivo non valga a struggere tutta la neve caduta nell'anno, perchè i residui annuali, accumulati d'anno in anno per secoli, vi abbiano formato un tale ammasso che non teme nemmeno una serie di straordinarie caldure. Il confine ordinario che si può segnare in estate tra il disgelo delle regioni inferiori, e le nevi persistenti delle superiori, chiamasi *limite* o *linea delle nevi perpetue*. La sua altezza è varia assai nelle diverse parti del globo. Si eleva fino a 15,000 piedi di altezza sopra il livello del mare nelle regioni equatoriali, mentre si abbassa fino al livello del mare, e il mare stesso si agghiaccia profondamente, nelle regioni polari. La ragione sta sempre in questo che, stante i rapporti di posizione rispettiva tra la terra e il sole, l'aria, che già al livello del mare tocca o sorpassa lo zero nelle regioni polari, non ci arriva che elevandosi a migliaja di metri sopra il detto livello nelle regioni temperate, o prossime all'equatore.

188. Voi foste, chi sa quante volte, presenti ad una bella nevicata. Radi fiocchi dapprima cadono attraverso l'atmosfera: a poco a poco crescono di nu-

mero e di larghezza, e il suolo incomincia a divenire bigio. Non passa un' ora, che tutto il paese è coperto da un bianco tappeto, il quale acquista parecchi decimetri, e fin talora (p. es., sulle Alpi) qualche metro di grossezza. Vi ha dunque una ben decisa differenza tra la pioggia e la neve. La pioggia può ben continuare delle ore e dei giorni, che il suolo rimane pur sempre visibile, stantechè l'acqua non è ancor caduta, che via se ne fugge, scorrendo al basso, in cerca del più vicino ruscello. La neve, invece, ove cade, resta: a meno che il vento non la sollevi, non la scopi via, abbandonandola poi nei luoghi più riparati, dove si accumula e resta.

189. Un modo così diverso di comportarsi fin da principio deve naturalmente portare tutta una serie di differenze nello svolgimento successivo dei fenomeni dipendenti dall'una piuttosto che dall'altra forma che pigliano i vapori condensati in seno all'atmosfera, cadendo sulla superficie terrestre. Come abbiamo accompagnata la pioggia dal primo momento che cade sul suolo, fino all'ultimo in cui si versa nel mare, così vogliamo ora vedere che avvenga della neve, dal primo istante che cade in soffici falde sulla terra, fino all'ultimo, in cui scompare, sciogliendosi in acqua.

190. Questo studio non presenta nessuna difficoltà, quando ci volessimo limitare alla pianura, o alle montagne poco elevate, come gli Apennini e le Prealpi, dove sono ignote le così dette nevi perpetue. Ogni nevicata vi persiste, finchè la temperatura duri abbastanza fredda per non permetterne lo scioglimento. Bisogna sapere però che l'evaporazione ha luogo alla superficie della neve e del ghiaccio, come alla superficie delle acque, anche nelle regioni più fredde, benchè

la temperatura sia di più decine di gradi sotto zero. Uno strato di neve deve dunque alla fine scomparire, anche non avvenendo il disgelo, essendo essa assorbita dall'aria allo stato di vapore. Da noi però è il *disgelo* che fa scomparire la massima parte della neve, verificandosi, al più tardi in primavera o in estate, una temperatura sufficiente a struggerla in acqua, che via sen va per la stessa strada e cogli stessi effetti dell'acqua di pioggia. Di questa adunque non c'è più nulla da dire. Ricorderemo soltanto che, quando un disgelo è improvviso e abbondante, basta perchè i fiumi si gonfino fino a straripare. Non hanno altra causa sovente le disastrose inondazioni del Po.

191. Nelle regioni delle nevi perpetue però il caldo dell'estate non basta d'ordinario a struggere tutta la neve caduta nell'anno. Quale altra via trova dunque per andarsene? mentre che se ne vada è certo; poichè se ciò non fosse, accumulandosi la neve di anno in anno, di secolo in secolo, come avviene da tante migliaia di anni, le valli e i monti scomparirebbero, adeguati, sepolti sotto una massa di neve, che si eleverebbe al cielo, formando da tutte le parti, e seppellendo tutte le contrade all'ingiro sotto mille e mille valanghe. Si verifica questo? no, certamente. Le generazioni non si sono accorte di alcun cambiamento notevole in quel candido mantello buttato sulle spalle delle Alpi. Ogni anno vi diluviano le nevi, nè il caldo annuale basta a smaltirle: eppure le nevi eterne son là, che non accennano nè ad un aumento, nè ad una diminuzione notevole.

192. Le piogge hanno per scaricatori i fiumi. Ebbene, fiumi d'altra specie si incaricano di scaricare le nevi. Questi fiumi si chiamano *ghiacciai*.

193. Quando una quantità considerevole di neve si accumula, essa si comprime pel proprio peso, e si trasforma in neve dura e compatta. La superficie del suolo non è che in via d' eccezione affatto piana, mentre d' ordinario è più o meno inclinata in un senso qualunque. Sulle alte montagne poi i pendii sono ordinariamente assai ripidi, e le rupi sovente cadono a picco. Quando la neve è alta sopra un pendio qualunque, viene un tempo che la forza di gravità vince la forza d' inerzia per cui essa tende a rimanere nel luogo dove è caduta, e allora comincia a discendere, lentamente calando per l' erta. Da un primo pendio passa a un secondo, e giù giù fino al fondo, in compagnia d' altra neve fluente dai pendii circostanti; e tutta quella neve confluisce nella sottoposta valle, formando come una gran lingua, la quale si muove, si allunga, seguendo la valle stessa, come una massa vischiosa e flaccida, finchè arriva sì basso, da trovare una temperatura che basta a scioglierla in acqua. Quella lingua che si allunga in giù, a partire dai *campi di neve* o *nevai*, è il ghiacciajo. Esso serve veramente a scaricare i campi di neve di quella quantità eccessiva, per cui la neve andrebbe indefinitamente accumulandosi. I ghiacciai stanno colle nevi in quei rapporti, in cui stanno colle acque i fiumi.

194. Ma il ghiacciajo, come lo stesso suo nome ci dice, non è di neve, ma di ghiaccio. La neve infatti, premendosi, conglutinandosi, plasmandosi man mano che discende, si converte in ghiaccio. Nessuna meraviglia del resto, mentre vi è noto che ogni fiocco di neve non è che un gruppo di cristalli di ghiaccio. Dunque una massa di neve non è altro che un gran mucchio di minutissimi cristalli di ghiaccio, con aria che ne riempie gli interstizî. Mano mano che la neve

è compressa, l'aria è strizzata fuori e i cristalli di ghiaccio aderiscono insieme, formando un sol pezzo. Anche voi potete facilmente, stringendo ben bene un pugno di neve, farne una palla dura e compatta. Premete ancora di più, e la palla diverrà tanto più densa e tenace. Voi avete fatto, su per giù, quello che fa la natura per fabbricare un ghiacciajo, mediante la compressione delle nevi alpine; poichè in fatti, stringendo il pugno, avete strizzato fuori l'aria, e obbligato i cristalli di ghiaccio ad aderire gli uni agli altri, formando un pezzo di ghiaccio compatto. Ma voi non siete forti abbastanza per obbligare tutta l'aria ad uscir fuori, e perciò il vostro pezzo di ghiaccio, ancor pieno di bolicine d'aria, rimane bianco, non possedendo quella omogeneità che è necessaria perchè divenga trasparente. Ben più forte è la pressione a cui sono sottoposte, per lo stesso loro peso, quelle enormi masse di neve che compongono i nevai, e fluiscono giù per le valli. Perciò l'aria finisce ad esserne espulsa quanto basti perchè il ghiacciajo, che era bianco superiormente come la vostra palla di neve, divenga, inferiormente, e fino al suo termine, chiaro e trasparente.

195. Il ghiacciajo adunque è un fiume, non di acqua, ma di ghiaccio, che ha le sue sorgenti negli eterni nevai. Discende talora per assai lunga via inferiormente al livello delle nevi perpétue, serpeggiando lentamente lungo la valle di cui copre il fondo dall'una all'altra sponda. Il caldo estivo continuamente lo strugge alla superficie, sicchè dovunque è percorso da rivi e torrentelli scorrenti sopra letti di ghiaccio, tra sponde di ghiaccio. Il ghiacciajo stesso scorre, finchè la sua marcia è arrestata dall'alta temperatura che lo strugge in acqua. È un fiume di ghiaccio che si tras-



forma in un fiume di acqua. Ogni ghiacciajo difatti termina a valle con un torrente d'acqua sporca e fangoso, nutrito dallo squagliamento che ha luogo, principalmente d'estate, su tutta la superficie del ghiacciajo e dei nevai stessi che gli danno origine.

196. Il presente diagramm (fig. 13) vi mette sott'occhio i principali caratteri di un ghiacciajo. Guar-



Fig. 13. — Veduta di un ghiacciajo colle rispettive morene, i massi erratici, le rocce arrotondate e la porta da cui sbuca il torrente.

dando in alto, voi vedete i nevai confluenti verso il fondo di una valle, che è occupata dal ghiacciajo, che seconda tutte le sinuosità della valle stessa, e termina bruscamente tronco. La troncatura del ghiacciajo, che si chiama *fronte*, è scavata in forma di caverna. Quella caverna è detta *porta del ghiacciajo*,

ed è formata dal disgelo del ghiaccio effettuato dal torrente che ne sbuca.

197. Un fiume scava il fondo e le sponde, formandosi un letto tanto nella dura roccia, quanto nel mobile terreno (§ 173). Così esso fabbrica e porta giù una quantità di sabbia, di fango, di ciottoli, recando al mare il frutto della sua rapina sul continente (§ 172). Il ghiacciajo compie, benchè in diverso modo, lo stesso lavoro.

198. I sassi, che franano dai fianchi della valle, vengono ad arrestarsi sul fondo del torrente, che se li piglia, e li mena in giù, rotolandoli sul suo letto. Il materiale leggero, come sabbia e fango, è anche tenuto in sospensione e trasportato in giù rapidamente dall'acqua che scorre. Ma il ghiacciajo è un fiume di sostanza solida. I sassi, al pari del più fine detrito, frando dalle montagne, gli si fermano sul dorso, ed esso non può far altro che trasportarli in giù, mentre tutto d'un pezzo lentamente discende. Siccome poi il ghiacciajo, struggendosi più presto sui lati che nel mezzo, finisce a prendere la forma che si direbbe a schiena d'asino, il materiale che frana è costretto ad arrestarsi sul lembo destro o sinistro, secondo che cade dalle montagne a destra piuttosto che dalle montagne a sinistra. Ogni ghiacciajo perciò ha sempre due linee, o due orlature di sassi, di sabbia e di fango, una destra e l'altra sinistra, che si chiamano *morene laterali*. Se due o più ghiacciaj si incontrano nella stessa valle, confluiscono come i fiumi, ma senza confondersi. Confluendo i ghiacciaj, confluiscono le rispettive *morene*; sicchè nascono sulla superficie del ghiacciajo risultante altrettante *morene mediane*, quanti sono i confluenti di un primo ghiacciajo. La figura 13 vi mostra infatti,

oltre le due morene laterali, destra e sinistra, una *morena mediana*, che si vede nascere in alto dalla confluenza di due ghiacciai. Il ghiacciajo sovente si spezza e ne nascono dei *crepacci* longitudinali o trasversali, che inghiottono una quantità del materiale detritico che si trova alla superficie. I massi e i ciottoli, cadendo fino al fondo del ghiacciajo, sono presi sotto dal ghiacciajo in movimento, e stritolati, servono a rodere il fondo della valle, rimanendone erosi al tempo stesso. L'ugual fenomeno avviene sui lati, e dovunque si verifichi il contatto del ghiaccio colla roccia che gli serve di letto.

199. I ciottoli e i grani di sabbia e di fango, movendosi sotto l'incubo del ghiacciajo, incidono la sottoposta roccia, la quale si copre di graffiature, di scanalature e di strie. Il detrito glaciale serve così come di lima e di smeriglio, per cui il fondo e i fianchi delle valli sono di continuo approfondati. Quando il ghiacciajo, per soverchio disgelo, si ritira (come avviene più o meno ogni anno d'estate, e talvolta anche per più anni di seguito) la roccia che si va scoprendo, mostrasi tutta lisciata, striata, scanalata, in dorsi arrotondati ad onde e cavalloni (fig. 13).

200. Ormai potete intendere perchè sia così sporco il torrente che scola il ghiacciajo. Il fondo di questo infatti è tutto coperto di ciottoli, che limano le rocce in posto, ed a vicenda si guastano, si stritolano. Quindi un prodotto enorme di finissima melma, che viene continuamente lavata via dall'acqua, e questa, fornita dal continuo disgelo, si raccoglie sul fondo del ghiacciajo, e ne sbuca, formando il fangoso torrente.

201. Oltre al materiale che il ghiacciajo stacca ed elabora a contatto colle rocce che lo incassano

non bisogna dimenticare quell'altra quantità enorme che, arrestandosi sulla sua superficie, è mano mano sepolto sotto nuovi strati di neve o di ghiaccio, sicchè viene trasportato giù per la valle in seno allo stesso ghiacciajo semovente. Mano mano però che il ghiacciajo si strugge, i massi riappajono alla superficie, finchè tutti sono deposti e ammicchiati là, dove il ghiacciajo si arresta, struggendosi in acqua. I ciottoli così deposti, dopo aver camminato in seno al ghiacciajo, si mostrano anch'essi lisciati, striati (fig. 14), quelli

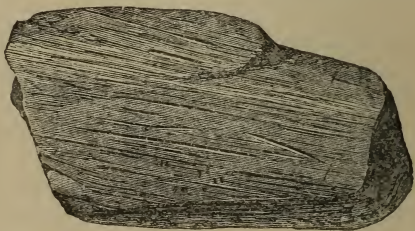


Fig. 14. — Ciottolo lisciato e striato dal ghiacciajo.

principalmente composti di rocce molli, come serpentine e calcari, che si trovarono a far la via insieme con ciottoli più duri, come graniti e quarzi. Quanto al volume dei massi che il ghiacciajo trasporta, possono avere la grossezza di una casa; e basta osservare una morena, o viaggiante sulla superficie del ghiacciajo, o deposta sulla sua fronte (*morena frontale*), per vederne di enormi a cento a cento. La figura 15 ve ne dà un'idea. Così migliaia di tonnellate di fango, sabbia, pietrame d'ogni stampo, sono condotte giù dalle montagne nevose per mezzo de' ghiacciai, desti-

nate ad aggiungersi a poco a poco a quel materiale che i fiumi già altrimenti tributano al mare.

202. I più grandi ghiacciai del globo sono quelli delle regioni polari. Si può dire, per esempio, che tutta la Groenlandia è sepolta sotto un solo sterminato ghiacciajo, che sporge diverse lingue di ghiaccio, scorrenti lungo le valli, finchè giungono al mare. Là, avanzandosi in mezzo alle acque continuamente mosse, fa-



Fig. 15. — Massi erratici alpini, trasportati e depositati da un antico ghiacciajo sui fianchi del Giura.

cilmente si spezzano, e se ne staccano, mettendosi a galla delle onde, massi così enormi che furono chiamati *icebergs*, ossia *montagne di ghiaccio* (fig. 16). E meritano davvero questo nome, mentre hanno sovente parecchie miglia di circonferenza, sollevandosi fino a 100 metri dall'onde che ne flagellano i fianchi. Eppure la parte che emerge non è che la settima parte della massa di ghiaccio galleggiante, mentre sei parti riman-

gono invisibili in seno alle onde, come potete facilmente farne esperienza, tenendo un pezzo di ghiaccio entro un bicchier d'acqua, ed osservando quanto sia piccola la quantità che emerge dal liquido. Così, galleggiando, può una montagna di ghiaccio essere dalle tempeste e dalle correnti marine portata le mille miglia lontana dal ghiacciajo che l'ha generata.

203. Le rocce in posto, striate ed arrotondate, le



Fig. 16. — Iceberg, ossia masso di ghiaccio galleggiante nei mari polari.

morene accumulate sulla fronte dei ghiacciai e abbandonate nel loro regresso, i ciottoli striati, i massi erratici, sono altrettanti monumenti con cui i ghiacciai vanno segnalando le loro invasioni. Fu l'aver osservato tali monumenti in siti assai lontani dai limiti dei ghiacciai attuali, che condusse i geologi a riconoscere un'epoca glaciale, cioè un'epoca antica in cui tutti i ghiacciai del globo, alpini e marini, subirono uno sviluppo

straordinario, una straordinaria dilatazione, e invasero così una gran parte delle terre e dei mari, che ora è assolutamente spoglia di ghiacci. Sui versanti italiani delle Alpi, per esempio, i ghiacciai si spinsero fino ai confini settentrionali dell'attuale pianura, arrestandosi all'estremità meridionale dei laghi lombardi, dove, come attualmente i ghiacciai della Groenlandia, tuffarono la loro fronte nel mare che ricopriva ancora la pianura e flagellava il piede delle Prealpi e delle Alpi. Così agli antichi massi erratici, ai ciottoli striati, al detrito agglomerato in cumuli immensi delle morene frontali che forma la prima serie dei colli subalpini, trovansi commiste a migliaia le conchiglie marine dell'epoca glaciale.

## IL MARE.

### I. — DISTRIBUZIONE DEI MARI E DELLE TERRE.

204. Chi è nato e cresciuto nell'interno delle terre, abituato a prendere le misure delle distanze e della vastità dei piani, delle valli, dei monti, è tratto facilmente ad esagerarsi l'idea della vastità della terra asciutta in confronto di quella delle acque, cui non ebbe mai occasione di veder ricoprire più vaste estensioni di quelle dei fiumi e dei laghi. Mi si porti il lettore, se già non vi si trova stanziato, là dove il mare bagna i confini della nostra Penisola, e se non gli basta d'aver disteso l'attonito sguardo sopra il mare senza confini che gli si spiana ai piedi, provi ad imbarcarsi sopra un vascello che faccia vela per paesi lontani.

205. Attraversato il Mediterraneo con una corsa di molti giorni, uscito dallo stretto di Gibilterra, il na-

vigante vedrà presto dileguarsi lontano lontano le terre; ovunque giri lo sguardo altro non gli appare che cielo e acqua, e per quanto soffino i venti, per quanto il vapore giri incessante l'elice o le ruote, passeranno settimane e mesi, prima che gli sia concesso di rivedere una terra dove potrà approdare, convinto che la porzione della superficie del globo costantemente sommersa dalle acque, è di lunga mano maggiore di quella che le terre ricoprono.

206. La geografia ci dà una misura esatta delle terre e dei mari, mostrandoci come questi occupino in realtà quasi tre quarti della superficie del pianeta.

207. Mettetevi davanti un globo artificiale e fatelo girare lentamente sul suo asse. Come vi appare evidente questa maggiore vastità dei mari in confronto di quella delle terre! Ma quante altre nozioni interessantissime vi andrete acquistando riguardo alla distribuzione e ai mutui rapporti di quelli e di queste!

208. Conoscerete in primo luogo che i grandi bacini delle acque sono per la massima parte in comunicazione fra loro, sicchè formano un solo sconfinato serbatoio, che appunto chiamasi *mare*. Le terre d'altra parte sono divise in isole, penisole e continenti dal mare stesso che forma in mezzo ad esse quasi una rete, un labirinto di canali grandi e piccoli, che si chiamano mari, golfi, canali, maniche e stretti. L'Europa è un continente; l'Italia una penisola, circondata da tante isole piccole o grandi come la Sicilia, la Sardegna e la Corsica.

209. Osservate in secondo luogo come le terre siano estese ed aggruppate piuttosto a nord che a sud dell'equatore. L'Italia, per esempio, è tutta cinta all'ingiro da terre cento volte più vaste di essa, mentre



la Nuova Zelanda che a un dipresso ne occupa il posto nell'altro emisfero, è come perduta in seno ad un mare senza confini. Questa posizione dell'Italia in rapporto colle terre dove si svilupparono le antiche civiltà, contribuì non poco a farne l'antica regina del mondo; come la posizione della Gran Brettagna, all'imbocco, per dir così, del grande Oceano, contribuì non poco a farne la moderna regina dei mari.

210. Osservate in terzo luogo come la superficie asciutta del globo è irregolare, formando dei rilievi ineguali, sparsi di monti, di colli, di valli e di laghi. Ma questi rilievi inclinano da ogni parte verso il mare, che ne bagna tutto all'ingiro le basi. Le terre ci mostrano parzialmente quale sia la configurazione generale della superficie solida del pianeta, non altro cioè che un gran numero di rilievi maggiori o minori, che si alternano con altrettante maggiori o minori depressioni. Sono le massime depressioni quelle in cui furono costrette, per legge di gravità, a radunarsi le acque, e si chiamarono *mari*. Rimasero perciò asciutti i maggiori rilievi, che si chiamarono *terre*.

211. Nei capitoli precedenti occorse sovente di far menzione del mare. Abbiamo veduto che dal mare proviene la massima parte dei vapori di cui l'atmosfera è pregna continuamente; che le correnti terrestri si versano incessatamente in questo gran serbatojo delle acque e vi depongono il frutto delle loro enormi rapine esercitate sulle terre. Ora è il momento di concentrare la nostra attenzione su quella università delle acque e di esplorarvi almeno i principali di quei grandiosi fenomeni che si svolgono nel suo seno.

## II. — ORIGINE DELLA SALSEDINE MARINA.

212. È a tutti noto che l'acqua del mare è ben diversa da quella che si incontra d'ordinario sulle terre: questa è dolce, quella intensamente salata, contenendo una quantità considerevole di certe sostanze la cui presenza non è punto avvertita da voi nell'acqua ordinaria delle sorgenti e dei fiumi. Una goccia d'acqua attinta ad una sorgente, lasciandola svaporare sopra una tersa lamina di vetro, sarà difficile che vi lasci un residuo di materia solida percettibile all'occhio. Voi sapete però (§ 117) che l'acqua delle sorgenti, apparentemente più pura, contiene disciolte diverse sostanze minerali, le quali rimangono sotto la forma di sedimento, quando essa si risolve in vapori. Ma dette sostanze vi si trovano in dose così piccola, che una goccia non ne possiede abbastanza per formare un sedimento visibile. Prendete invece una goccia d'acqua di mare e vedrete se, lasciandola evaporare sopra una lamina di vetro, come abbiám detto, non vi lascia un punto, quasi una pellicola bianca, e se questa, guardata col microscopio, non si mostra composta di un gruppo di minutissimi cristalli di sale comune. Non importa da qual mare od a qual punto di esso avrete attinta la vostra goccia di acqua: lasciatela svaporare, e vi lascerà sempre un residuo composto di cristalli di sale da cucina.

213. Vi hanno però altre sostanze minerali che si scoprono costantemente disciolte nell'acqua marina. Il sale comune però è quello che vi sovrabbonda, e di esso soltanto vogliamo per ora occuparci. D'onde vien esso? *Tutto il sale marino proviene dall'erosione delle rocce?*

214. Si è già veduto (§§ 125 e 132) che l'acqua, tanto nell'interno del globo quanto alla sua superficie, discioglie continuamente i minerali componenti le rocce. Uno di questi, per sua natura solubilissimo, è il *sale*. Non vi è forse sorgente o fiume che non ne contenga almeno qualche atomo, per recarlo al mare in tributo: sicchè, fatta la somma di quanto ne contengono le acque di tutti i fiumi del mondo, si trova che è molto considerevole la quantità di sal comune che ogni anno è portato al mare dalle acque dolci.

215. Il mare ritorna all'atmosfera, sciolta in vapori, una quantità d'acqua pari a quella che gli recano o le piogge direttamente, o indirettamente i fiumi: ma il sale che riceve invece vi resta. Voi vedete infatti che facendo evaporare dell'acqua salata in un vaso, quando l'acqua se ne è ita, vi rimane il sale. Così deve avvenire nel mare. Siccome intanto i fiumi continuano a recarvi sempre nuovo sale, così la salsedine marina, non solo deve mantenersi, ma crescere, benchè con estrema lentezza, di giorno in giorno.

216. Ciò nonostante l'acqua dell'Oceano è ben lontana ancora dal punto di saturazione. Quella dell'Atlantico, per esempio, computando oltre il sal comune anche gli altri sali, non ne contiene su per giù che il tre e mezzo per cento. Vi hanno invece nell'interno dei continenti dei laghi eccessivamente salati, come il Mar Morto, per esempio, che ne contiene più del ventiquattro per cento.

### III. — MOVIMENTI DEL MARE.

217. In qualunque parte del litorale d'Italia vi portiate per guardare il mare, vedrete quanto la sua

superficie sia lontana dal potersi chiamare immobile nemmeno per breve tempo. Anche durante la calma più piatta, quale si osserva sovente nei giorni d'estate, vi osserverete sempre un morbido ondeggiare: altre volte onde più vive corrono rotolando a frangersi sulle arene del lido, in lunghi cordoni di spume. Ma soffia il vento, scoppia la tempesta, e il mare sembra rimescolarsi fino al fondo, e le onde muggenti a guisa di mobili montagne, sormontate da creste schiumose, assalgono furibonde gli scogli, quasi minaccino di ingojare la terra.

218. Prescindendo però da qualunque impulso che il mare possa ricevere dai venti, supposta la calma più perfetta per mesi ed anni, voi non tardereste ad accorgervi che esso gode di un movimento particolare, di una specie di palpito, per cui alternatamente di sei in sei ore si alza e si abbassa, fluendo verso terra due volte in ventiquattro ore, e rifluendo in sè stesso altrettante nello stesso tempo. Questi movimenti alterni di *flusso* e di *reflusso* si chiamano *maree*; quindi l'*alta* e la *bassa marea*.

219. Se voi prendete una bottiglia vuota e ben tappata e la buttate in mare, essa vi rimarrà galleggiante. Non vi aspettate tuttavia che essa stia ferma in quel posto; essa invece comincia a muoversi, portata ch'è sa dove lontano lontano, finchè venga rigettata su qualche spiaggia. Si conoscono delle bottiglie che, abbandonate nel bel mezzo dell'Oceano, furono poi raccolte altrove le mille miglia lontano. Questo movimento della superficie del mare corrisponde ordinariamente alla direzione dei venti dominanti.

220. Ma il mare non si muove soltanto alla superficie. Si è discorso alcun poco delle montagne di

ghiaccio (§ 102), e vi ricorderete che esse, per quanto si mostrino elevate sul pelo delle acque, misurino sempre su per giù il sestuplo di profondità sottomarina. Ora è avvenuto sovente di osservare di tali masse che viaggiano contro vento. Non è dunque il vento che le spinge, ma una corrente sottomarina più forte di esso. Si trovò infatti che l'Oceano è percorso da molte correnti superficiali o sottomarine che fluiscono dalle regioni polari verso l'equatore o viceversa.

221. Noi abbiamo già dunque quattro fatti da registrare riguardo alla fisica del mare: 1.º la superficie delle acque è mossa continuamente dai venti che sollevano le onde; 2.º il mare si alza e si abbassa alternatamente per effetto delle maree; 3.º i venti determinano delle correnti superficiali nella stessa loro direzione; 4.º il mare, come l'atmosfera, è percorso da correnti superficiali e sottomarine.

222. Accontentiamoci per ora di studiare un pochino il primo fatto, cioè il fenomeno delle *onde marine*.

223. Le cose più famigliari possono istruirci circa il modo con cui opera la natura a grande scala. Proviamoci a soffiare sul labbro di una bacinella o di una vasca piena d'acqua. Vedete tosto levarsi le onde le quali, partendo dal punto dove il soffio percuote l'acqua, si estendono a tutta la sua superficie, finchè vengano a frangersi contro l'opposta sponda dal bacino.

224. Non altrimenti si comportano le onde del mare quando soffia il vento a partire da un punto qualunque. I movimenti dell'acqua dipendono dunque dai movimenti dell'aria. Il vento e il soffio che esce dalla vostra bocca agiscono adunque nello stesso modo. I primi soffii di vento non fanno che increspate la superficie del mare; ma la forza accumulata dai soffii ri-

petuti e continuati per lungo tempo, solleva bentosto onde schiumose, a cui tengon dietro, con foga crescente, onde furiose e smisurati cavalloni.

225. Le onde rotanti verso terra, una dopo l'altra urtano il lido, come fanno le piccole onde contro la sponda della vostra bacinella, e continuano egualmente a sollevarsi anche lungo tempo dopo che il vento è cessato. La superficie delle acque è, sotto questo rapporto, sensibilissima, tanto che, mossa una volta, non cessa di ondeggiare tosto che cessi la causa dell'ondeggiamento, ma continua un certo tempo, finchè a poco a poco ritorna alle acque la primitiva immobilità.

226. La calma del mare è dunque un effetto della calma dell'atmosfera. Ma questa calma perfetta è fenomeno assai raro, e perciò la superficie del mare è quasi sempre agitata. Quando poi infuria la tempesta non è a dire con qual forza le onde furiose assalgano il lido, battendo in breccia, a guisa di formidabile ariete, le terre.

227. Voi non ignorate certamente il fatto della continua demolizione dei littorali per mezzo delle onde. Le dighe sfondate, gli scogli demoliti, enormi porzioni di coste strappate via dai marosi, e i bastimenti sfracellati contro gli scogli, sono fatti che attestano ogni anno la prepotenza delle onde. Dunque non sono soltanto le piogge, il gelo, i torrenti che congiurano alla demolizione delle terre: possente distruttore è il mare; forse il più vorace di tutti.

228. Le coste a scogliera mostrano talvolta nella maniera più evidente le diverse fasi di questa lotta tra il mare e le terre. Qui è un gran gradino di nuda roccia alla cui base si distende il mare, che incessantemente

lo flagella. La base stessa è qua e là scavata da caverne o da gallerie che si insinuano profonde tra gli scogli sporgenti. Staccata dalla scogliera sporgono dalle onde dei piloni di roccia, che un giorno ne facevano parte, ma ne furono isolati dalla furia dell'onde per la demolizione di quella porzione di roccia che li riuniva alla scogliera. Più internati verso il mare osservansi altri monconi di scogli che sporgono appena il capo dall'onde, testimoni di più antica rovina, e ancor più



Fig. 17. — Scogliera litorale demolita dal mare.

dentro, il rompersi dei marosi accusa altri scogli già interamente decapitati e sommersi, reliquie di più antiche scogliere demolite dal mare. Non è egli vero che quella costiera vi rinnova sotto gli occhi il fenomeno del progressivo avanzarsi del mare entro terra?

229. Sulle coste orientali d'Inghilterra, dove le rocce si prestano più facilmente ad essere erose, l'avanzamento del mare avviene in misura di circa un metro

all'anno. Borgate e villaggi furono le une dopo gli altri inghiottiti, e sulle aree ove essi sorgevano anticamente, spumeggiano da lungo tempo le onde del Mare del Nord. Molto minore è invece la rovina delle coste occidentali dell'Irlanda e della Scozia, dove le rocce sono più dure e resistenti.

230. Vale la pena di starci ad esaminare più attentamente in qual modo si esercita sulla terra questa azione devastatrice del mare. La cosa è facile, quando vogliate rimanere per qualche tempo a guardare ciò che avviene sopra una spiaggia rocciosa. Fermatevi su qualche porzione sabbiosa o ghiajosa del lido, quando vi si frange un'onda, e badate a quello che succede nell'istante che l'onda infranta si ritira. Voi vedrete allora che i grani di sabbia e i ciottoli, dopo essere stati spinti verso la costa, si ritirano coll'onda essi pure, sdruciolando giù dal pendio del lido verso il mare. Se il materiale è grossolano, si sente allora un fragore aspro e rôco, prodotto dai ciottoli che mutuamente si sfregano: un romor tale, da sentirsi talvolta le miglia lontano. La nuova onda che viene, urta di nuovo quelle sabbie e quelle ghiaje, che sono di nuovo risospinte verso la spiaggia, per essere una seconda volta riassorbite dall'onda che si ritira e lascia il posto ad una terza, che farà lo stesso.

231. Effetto di questo via vai continuo è il rodersi, il macinarsi reciproco dei grani di sabbia e dei ciottoli quasi sotto una macina, e quindi un continuo farsi più piccoli, un trasformarsi della ghiaja in sabbia, della sabbia in fango, che l'onda trasporta sempre più lontano, finchè lo lascia cadere nelle profondità imperturbate del mare.

232. Così si consumerebbero interamente i detriti



marini, e tutto si ridurrebbe in una impalpabile fanghiglia, se non fosse continuamente supplito da nuovo materiale che il mare riceve dai fiumi, o va direttamente a pigliarsi esso medesimo, demolendo le coste, come abbiám detto. Le sabbie stesse e le ghiaje, che ogni onda sospinge furiosa contra il lido, gli valgono a battere in breccia gli scogli. Una certa porzione del detrito si insinua anzi tutto nei crepacci e nei piccoli seni delle scogliere. I grani e i ciottoli, sdruciolando e rotando sopra sè stessi ad ogni ondata, finiscono a trapanarne la base scavandovi delle caverne; precisamente come abbiám visto (§ 174) scavarsi a seni e cavernosità il letto e le sponde di un torrente che seco trascina ed aggira sabbie e ciottoli. I ciottoli, che rimangono triti alla loro volta in questo processo, sono immediatamente suppliti da altri che il mare vi sospinge. Entrando, a mare tranquillo, in una di queste caverne litorali, ne vedete le pareti e la vòlta röße e lisce, e il pavimento coperto di ciottoli lisci e rotondi.

#### IV. — IL FONDO DEL MARE.

233. Il fondo del mare non ha, per quanto ci è noto, diversa configurazione da quella della superficie della terra ferma. Anch'esso ha rilievi e depressioni, valli e catene di monti. Noi non possiamo, è vero, vedere il fondo, dove l'acqua misuri appena qualche decina di metri d'altezza. Vi sono però gli scandagli, perfezionati ora a tal punto che, non solo misurano, per quanto sia enorme, la profondità dell'Oceano, ma ne tentano il fondo, e ve ne pongono sott'occhio tali saggi, che gli è come foste giù a vedere se esso sia sabbioso o fangoso; deserto o popolato di organismi marini.

234. Non vi ha ormai fondo di mare che possa dirsi inesplorato, sicchè gli abitatori delle grandi profondità ci son noti come quelli dei littorali e delle spiagge. L'Atlantico fu fatto, specialmente in questi ultimi tempi, oggetto di tali studî. Gli scandagli, calati per esplorare il gran letto su cui doveva porsi a giacere il grande cordone telegrafico che riunì l'Europa all'America, hanno toccato delle profondità di 5000 metri all'incirca. Ma, tra le Azore e le Bermude, lo scandaglio discese fino alla incredibile profondità di oltre 13,000 metri. Se l'Himalaya, la catena più alta del globo, che si eleva a quasi 10,000 metri sopra il livello del mare, fosse tuffata nell'Atlantico tra le Azore e le Bermude, lungi dallo sporgere dal mare le sue cime maggiori, ve le terrebbe sommerse a due miglia di profondità.

235. In generale, in alto mare deve verificarsi una profondità almeno di 2 a 3 mila metri. Ad onta di ciò vi hanno dei punti dove il fondo emerge, formando delle isole. In regola generale il mare è tanto più profondo, quanto è più lontano dalla terraferma, e tanto meno, quanto è più vicino. Perciò in vicinanza delle isole e dei promontorî è in generale comparitivamente bassó. La Gran Bretagna, per esempio, sorge tra lo sterminato Atlantico ad ovest, e il Mare del Nord, relativamente piccolo, ad est; attraversando il primo da est a ovest, si trova sprofondarsi rapidamente, raggiungendo presto profondità di migliaia di metri; il secondo invece non è molto profondo in nessun posto, tanto che anche nel mezzo sorpassa di poco i 100 metri. Se poi vi giova conoscere la profondità del mare tra l'Inghilterra e la Francia, vi basti di sapere che collocando il Duomo di Milano nel mezzo dello stretto di Dover, ne emergerebbe ancora per quasi due terzi.

236. Avrete inteso ad un dipresso come si faccia a scandagliare le profondità sottomarine, benchè ci debba sembrare operazione difficile quella di scandagliarle sopra una linea di più centinaja di miglia. Eppure, come vi ho detto, non solo si misurarono le maggiori profondità, ma se ne trassero copiosi saggi del fondo marino. La scienza ha fatto perciò dei grandi progressi in questi ultimi anni nella conoscenza della natura dei fondi marini, come delle piante e degli animali che hanno stanza nelle maggiori profondità. Anche laggiù ferve la vita, come lo attesta il gran numero di conchiglie, di coralli, di stelle di mare, e d'altri animali d'ordine inferiore che vi furono scoperti.

237. Nella prima parte di questo volumetto si è dato notizia dei cambiamenti che hanno luogo di giorno in giorno sulla superficie della terra asciutta. Cerchiamo ora di informarci di quelli che avvengono sul fondo dal mare. Non pretenderemo al certo di poterlo esaminare così minuziosamente come abbiám fatto colla superficie della terra; ma, via; ci abbiamo di molto cose a imparare.

238. Spingendo alle ultime conseguenze ciò che avete appreso nei precedenti capitoli, voi siete in grado di indovinare senz'altro i cambiamenti più importanti che debbono aver luogo sul fondo del mare. Provatevi, per esempio, ad imaginare dove saranno andati a finire tutti quei prodotti della continua devastazione dei continenti che di anno in anno i fiumi gli vennero recando in tributo. Che ne avvenne? Quei detriti vennero sempre scendendo, come l'acqua che li trascinava, dal monte al piano, dalla valle al mare. Una volta che ne toccarono il fondo, non hanno potuto discendere più oltre; dovettero pertanto rimanervi ed accumularvisi.

239. Vi è dunque certamente una gran differenza tra quello che avviene sulla superficie della terra asciutta e quello che ha luogo sul fondo del mare. Là continua distruzione, e continua discesa di rocce sbranate verso il mare; qui un riceversi continuo, ed un continuo accumularsi di nuovi materiali. Non fa nemmeno bisogno di sapere che cosa abbiano raccolto gli esploratori delle profondità sottomarine. È un fatto che i fiumi buttano in mare continuamente enormi quantità di fango, di sabbia, di ciottoli. Dunque è un fatto che la stessa quantità di materiali si accumula continuamente sul fondo marino.

240. Voi sapete inoltre che il vento mantiene il mare in continua agitazione, e che le onde, spinte da esso, lavorano senza posa alla distruzione delle coste. Ma questa azione è tutta superficiale, nè può essere sentita sul fondo, ad una profondità appena considerevole. Per conseguenza, oltre certi limiti di profondità, il fondo del mare rimane straniero a quella qualunque opera di distruzione che si consuma a danno delle terre. I materiali provenienti da esse possono dunque rimanervi senza ulteriore disturbo, salvo quello che possono recar loro le correnti marine, relativamente assai deboli, dove per avventura toccano il fondo del mare.

241. Sotto quale forma sono dunque disposti e distribuiti i fanghi, le sabbie e i ciottoli, dal momento che arrivano al mare?

242. Siccome quei materiali provengono dalle terre, così bisogna aspettarsi di trovarli accumulati di preferenza in vicinanza di esse, dove, come abbiam detto, il mare è d'ordinario poco profondo. Troveremo dunque all'ingiro delle terre, non già in alto mare, banchi di sabbia e di ghiaja.

243. Potete aver un'idea in piccolo della disposizione dei detriti sul fondo del mare, osservando il letto di un torrente quando è asciutto. Qui, dove la corrente era forte, c'è un banco di ghiaja; là, dov'era più debole, troviamo un mucchio allungato di sabbia; poi, dove la corrente era debolissima, il letto del torrente è coperto di sabbia finissima o di melma. Vi ricorderete che un fiume fangoso depone uno strato di fango, quando trabocca in guisa da inondare gli altipiani che lo fiancheggiano (§ 178).

244. Quanto più valida è la corrente, tanto più grosso sarà il detrito che essa può travolgere in giù. Il ciottolame e le più grosse ghiaje non potranno trovarsi sul fondo del mare che molto vicino alle coste, dove l'onda che rientra è forte abbastanza per trascinarle seco. La sabbia potrà essere tratta assai più in dentro e abbandonata a maggiore profondità in grandi strati o banchi. La sabbia più fina e il fango, potranno essere portati, dall'ondosa corrente, centinaia di miglia lontano da terra, per essere poi lentamente depositi a strati sul fondo a profondità già molto considerevoli.

245. Così le ghiaje, le sabbie e i fanghi sono depositi successivamente in strati e banchi sul fondo del mare, tanto più distante da terra quanto più forte è la corrente dei marosi.

246. Ma il mare è tutto un regno di vita vegetale ed animale. Quando gli organismi muojono, le loro spoglie giacciono in seno ai depositi detritici sul fondo. Le sabbie e i fanghi marini abbondano soprattutto di conchiglie e di coralli viventi, che vi si succedono di generazione in generazione, consegnano le loro spoglie ai depositi che vi si vanno sovrapponendo, e delle spoglie sepolte conservano intatte le parti più dure.

247. Su certi fondi marini le spoglie degli animali si accumulano talmente, da formarvi da sole grossi e vasti depositi. Le ostriche, per esempio, aderiscono le une alle altre, e, miste ad altri testacei, formano i così detti *banchi di ostriche*. Negli oceani Indiano e Pacifico abbondano straordinariamente i coralli o polipi, piccoli animali gelatinosi, che si fabbricano, per secrezione, uno scheletro lapideo, assimilando i sali calcarei disciolti nelle acque. Crescendo uniti a milioni di milioni, sono capaci di fabbricare banchi, scogliere, montagne di solida roccia, che possono, come la grande barriera corallina dell'Australia, raggiungere una grossezza di centinaja di piedi, e la lunghezza di mille miglia. Quelle masse coralline, crescendo da sè fin dove giunge il livello dall'alta marea, poi ajutate dai marosi e dai venti che sopra di loro vanno ammucchiando il loro stesso detrito, e le spoglie infinite dei testacei marini che si addensano intorno ad esse, for-

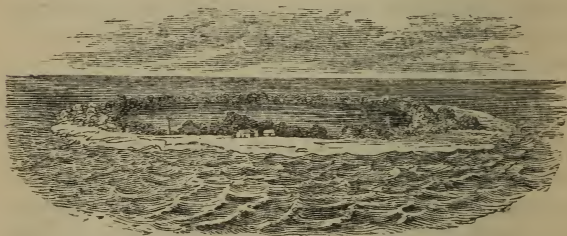


Fig. 18. — Isola di corallo.

mano quelle meravigliose *isole di corallo*, che veggonsi a mille a mille disseminate in grembo all'Oceano. Gran parte del fondo dell'Atlantico è inoltre coperto da una specie di fango molle e bianco che, esaminato

al microscopio, mostrossi quasi interamente composto di spoglie lapidee di quegli animali infinitamente piccoli, che i naturalisti chiamano *foraminiferi*.

248. Sul fondo del mare adunque si sovrappongono, senza interruzione, grandi strati di sabbia e di fango, misti a reliquie di piante e di animali. Se i fondi del mare venissero un giorno a sollevarsi, e le sabbie e i fanghi, divenute altrettante rocce, a formare nuove scogliere e nuove montagne, la loro origine sottomarina sarebbe messa in evidenza dai fossili, cioè dalle conchiglie e dalle spoglie d'animali marini d'ogni stampo, che vi si conserverebbero ancora sepolte.

249. La geologia vi insegnerà, più tardi, come tali sollevamenti si verificarono, infatti, le cento volte nei tempi andati. Vedrete allora che molte di quelle rocce che formano le nostre montagne, ed in cui sono scavate le nostre valli, furono originariamente deposte in mare, sotto la forma stessa di quelle sabbie e di quei fanghi che vediamo tuttodi, trascinati dai fiumi al mare, accumularsi sul fondo di esso. E tali rocce non le troverete soltanto in vicinanza del mare, ma nell'interno dei continenti, dove, nelle pietraje, nelle frane, sui fianchi e sulle cime dei monti, potrete estrarre, a colpi di scarpello, conchiglie e coralli, antichi abitatori d'antichissimi mari.

250. Se tali sollevamenti non dovessero più oltre verificarsi, io vi domando dove la andrebbe a finire con questo continuo demolirsi delle terre, che vanno ad essere, a brano a brano, inghiottite dal mare? Non c'è rimedio; giorno verrà che le terre saranno interamente scomparse, ed un unico mare, senza confini, avvolgerà nel suo seno il pianeta.

251. Ma la natura dispone di altre forze per ri-

costruire, con perfetto antagonismo, ciò che l'atmosfera, i fiumi e il mare tentano distruggere. Essa le cela nell'interno del globo, e ce ne daranno qualche idea le ultime pagine di questo libro.

### L'INTERNO DEL GLOBO.

252. Dalla superficie della terra, che tante cose ci ha insegnato, passiamo dunque a considerarne l'interno.

253. Sembra, a prima giunta, che sia impresa disperata quella di togliere il velo, sotto cui si celano i misteri dell'interna natura. Quando si pensi all'enormità di questa sfera sulla quale viviamo e ci muoviamo, non ci deve sembrare, al postutto, che di essere altrettante pulci sopra una grande montagna. Per quanto si potesse, per avventura, vedere, col discendere dalla cima più elevata all'imo della più profonda miniera, starebbe sempre il fatto che, del globo non si è visto che la vernice superficiale. Quante cose ci saranno da imparare circa l'interno del globo! Ma vi hanno per buona ventura dei punti, nelle diverse regioni, in cui esiste una comunicazione diretta tra l'interno e la superficie, e devono servire a farci conoscere qualche cosa di ciò che avviene là dentro.

254. Voi avete certamente udito parlare dei *vulcani* (fig. 19). Son essi appunto le vie più importanti di comunicazione tra l'interno e l'esterno.

255. Supponiamo di portarci a visitare un vulcano qualche tempo prima o dopo quello che si chiama *una eruzione*. La sua forma è ordinariamente quella



di una montagna conica, col vertice troncato. Dalla troncatura si eleva un fumo bianco. Pigliando l'ascesa, al dissopra di una zona basilare ordinariamente coperta di lussureggiante vegetazione, si mostrano nudi i fianchi della montagna, composti di pietre mobili e di sabbie nere o bigie, che spesso si assomigliano a ceneri, poi qua e là dei tratti larghi e lunghi di salda roccia, la cui superficie vi dà molte volte l'aspetto delle scorie che escono da un forno fusorio. Verso la cima dal suolo che scotta, escono qua e là colonne di fumo, con vapori soffocanti. Quando la cima è raggiunta, ciò che sembrava una semplice troncatura, è invece una gran fossa, con pareti molto ripide o a picco, che si sprofonda nel corpo della montagna. Curvatevi sul labbro di quel bacino enorme, spingendo gli occhi sul fondo, quanto almeno lo permettono i gas e i vapori, che cercano di soffocarvi, vedrete allora talvolta su quel fondo, cinto da pareti rocciose, colorate a larghe macchie di giallo, di rosso, di verde, come un lago di denso liquido, rovente fino al color bianco, ma coperto in gran parte da croste nere, simili a quelle scorie rocciose che avete viste ascendendo. Da quello stagno di fuoco bollente, si leva lentamente il vapore che, a volte a volte, uscendo da quel bagno con scoppio improvviso, lancia in aria molti spruzzi grossi e minuti di quella specie di liquido rovente, che ricadono poi entro il bacino già solidificati sotto forma di sabbia, di scorie e di pietre.

256. Quella specie di caldaja, scavata nel vertice della montagna, si chiama *cratere*. Quella materia che ha l'apparenza di un liquido bollente in fondo al cratere è la *lava*. Non altro che vapor acqueo, misto ad

altri vapori e gas, è il fumo che si leva; e pezzi di solida lava sono quelli che, secondo la rispettiva grossezza, si chiamano pietre, lapilli, sabbie e ceneri.

257. Il vapore caldissimo e la lava rovente in fondo al cratere, dicono che là sotto ci deve essere una sorgente di calore estremamente intenso, e assai abbondante e duraturo, se, come ce ne assicura la storia, per molti e molti vulcani, quel fuoco arde da parecchie centinaia e migliaia di anni.

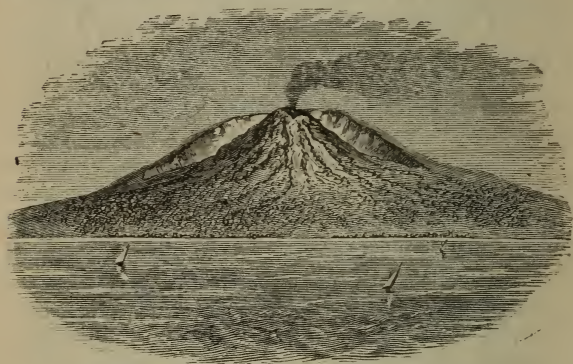


Fig. 19. — Il Vesuvio guardato da mezzodì.

258. Ma noi abbiamo visto il vulcano in un periodo di massima tranquillità. Per comprendere la forza di quel fuoco che arde là sotto, aspettate di aver la bella sorte di assistere ad un'eruzione. Sono già più giorni che la montagna trema. Viene il momento che per una serie di violenti esplosioni, il cucuzzolo del monte è buttato in aria in pezzi, e la montagna stessa è da cima a fondo sventrata. Una densa nube di vapore si leva in forma di un gran *pino*, i cui rami

oscurano il cielo; pietre, scorie, lapilli, sabbie e ceneri lanciati alle stelle, ricadono in tal guisa da ricoprire di denso strato il vulcano, e per centinaia di miglia il paese all'ingiro. D'un tratto, dal seno squarciato del monte sgorga un torrente di lava che si precipita giù pei fianchi, fino alla base del cono, portando ovunque l'incendio, la rovina, la desolazione e la morte. Così continua più giorni e settimane, finchè il vulcano, esausto, ritorna a riposarsi in quello stato di calma che abbiamo già descritto.



Fig. 20. — Il Vesuvio prima della distruzione di Pompei.

259. Prima del 79 dell'era volgare sorgeva, presso Napoli, una montagna che aveva la forma di un vulcano, con un largo cratere coperto di boscaglie (fig. 20). Nessuno si ricordava d'averlo visto nè fumare, nè emettere ceneri e lava, nè ad alcuno sarebbe caduto in mente che fosse davvero un vulcano come l'Etna e lo Stromboli. Borghi e città erano sorti ovunque all'ingiro sulla sua base verdeggiante, e i suoi dintorni erano divenuti luoghi di villeggiatura pei ricchi di Roma, at-

trattivi dalla bellezza del paesaggio e dalla dolcezza del clima. Che avvenne? D'un tratto una terribile esplosione annuncia che il vulcano si ridestava dal suo sonno di molti secoli. Mentre una colossale oscurissima nube fa di giorno notte, nemi di lapilli, di sabbie e di ceneri, piovono rovinosi, all'ingiro, fino a grandi distanze. Cessata l'eruzione dopo molti giorni, i dintorni del Vesuvio non erano più che un deserto adusto, coperto di pietre e di ceneri. Villaggi e città, vigneti e giardini, tutto era sepolto. Due splendide città, Ercolano e Pompei, lo furono appunto in quella eruzione, e lo furono talmente, che solo ai tempi nostri si potè aver notizia della loro esistenza, e si vanno, con lento lavoro, disseppellendo. Già a quest'ora voi potete passeggiare liberamente per le vie di quella Pompei, sepolta da quasi duemila anni, visitarne le case, le botteghe, le basiliche, i teatri, e studiarvi i costumi degli antichi Romani. Da quelle mura, silenziose da diciotto secoli, voi potete contemplare il nuovo Vesuvio fumante, nato dal centro dell'antico che oggi si chiama *Somma*, e cresciuto talmente a forza di centinaia di eruzioni, che ormai colla sua base investe e ricopre la metà dell'antica montagna (fig. 19).

260. Le montagne vulcaniche, anche se in oggi sono o sembrano spente, segnano la posizione di questi orifizî o camini, per cui già traboccarono dalle viscere della terra materie infuocate. Esse si numerano a cento a cento nelle diverse parti del globo. Oltre il Vesuvio, che non ha quasi mai cessato di essere attivo, dopo la prima eruzione storica descritta da Plinio, il giovine, sono celebri, in Italia, l'Etna e lo Stromboli, senza contare gran numero di vulcani spenti. Nell'Oceano Atlantico sono famosi, per la loro attività, i vulcani d'Islanda. Le

coste dell'America verso l'Oceano Pacifico hanno, per dir così, un'orlatura quasi continua di vulcani attivi e spenti. I vulcani si contano a centinaia nel grande Arcipelago indiano, dove si notano principalmente per la loro attività i vulcani di Giava e delle isole della Sonda. Sono isole eminentemente vulcaniche il Giappone e le ALENZIE, la Nuova Zelanda, le terre polari del sud; in guisa che si può dire che tutto il grande Oceano è sparso e circondato da un esercito innumerevole di vulcani attivi e spenti.

261. Un numero così sterminato di camini ardenti alla superficie del globo, ci dicono che l'interno è intensamente caldo. Abbiamo del resto altre prove di questo calore interno. Si contano a migliaia le *sorgenti termali*, cioè dotate di un'alta temperatura. Per non uscire d'Italia, basti ricordare le sorgenti calde, e talora bollenti, di Bormio, Acqui, Àbano, Viterbo, Napoli, Ischia, ecc., ecc. È noto inoltre che in tutti i paesi, inoltrandosi sotterra, si trova che la temperatura cresce colla profondità. Nelle miniere molto profonde il caldo è insopportabile. Se la temperatura cresce in quella proporzione che ci è data dall'esperienza, a circa 40 miglia di profondità dovrebbe trovarsi una temperatura capace di fondere le rocce che si trovano alla superficie.

262. Non è però soltanto per mezzo dei vulcani e delle sorgenti termali che gli effetti del calore interno si fanno sentire alla superficie. Questa solida vòlta sulla quale camminiamo, trema, si alza, si abbassa, si spacca. Non avete mai provato un *terremoto*? Nell'impeto del suo furore scuote la terra, la spezza, inghiotte alberi e cose, e seppellisce centinaia e migliaia di uomini sotto le rovine delle loro città. I terremoti si fanno

sentire più frequenti nell'interno od in vicinanza dei distretti vulcanici, e precedono, forse senza eccezione, le eruzioni.

263. Alcune regioni si sollevano lentamente. Vedeste infatti come certi scogli sparsi sul litorale, che erano in altri tempi sommersi dall'alta marea, ora si trovano costantemente all'asciutto; mentre altri, che non si erano mai visti sporgere il capo dall'onde, cominciano a poco a poco a mostrarsi. Alcune regioni, invece, lentamente si abbassano. Pile, argini, antichi monumenti costrutti sulla terra ferma, si mostrano ora sommersi nel mare che andò a poco a poco estendendosi e alzandosi sopra la terra. Queste oscillazioni della superficie del globo, sono effetti pur esse del calore interno.

264. Voi vedete ora come, per mezzo del calore interno, la natura abbia potuto provvedere alla conservazione della terra asciutta. Se le piogge, il gelo, i fiumi, i ghiacciai, il mare, continuassero a demolire la terra asciutta, senza che la loro opera di devastazione fosse in nessun modo controbilanciata; la terra stessa, come abbiám detto, dovrebbe alla fine scomparire, anzi sarebbe già scomparsa da lungo tempo. Ma il calore interno, sospingendo qua e là la crosta del globo, fa sì che certe porzioni della superficie acquistino una elevazione maggiore, ed altre porzioni del fondo del mare emergono e sono convertite in terra asciutta.

265. Questi sollevamenti ebbero luogo in diverse epoche nelle diverse parti del mondo. Si è già osservato altrove (§ 249), che le montagne sono composte di rocce, le quali si formarono originariamente sul fondo del mare, e furono in seguito sollevate, fino a costituire l'interno dei continenti e le cime più elevate dei monti.

## CONCLUSIONE.

266. Per tutta conclusione riassumiamo brevemente quanto di più importante ci ha insegnato il presente libretto.

267. Il nostro pianeta è teatro di movimenti e di rivoluzioni continue. In continuo moto è l'atmosfera, che distribuisce tutto all'ingiro della sfera terrestre il calore, la luce e l'umidità. Dalle acque che ricoprono tanta parte della superficie del globo, il vapore si leva costantemente nelle regioni dell'aria, e di là, condensato in nubi, pioggia e neve, ricade sulla terra. Su tutta la superficie del globo l'acqua che cade dalle nubi corre verso il mare, raccolta in torrenti e fiumi, che seco trascinano una quantità enorme di detrito roccioso, rapito alla terra asciutta. Così l'acqua è in continua circolazione dall'atmosfera alla terra, dalla terra al mare, e dal mare di nuovo all'atmosfera. Il mare è pur esso in continuo movimento. Le sue onde demoliscono le coste, e le sue correnti si muovono con continuo circolo intorno al globo. Nelle sue profondità le spoglie rocciose della terra si ammucchiano, ricomponendosi in rocce, destinate a formare a suo tempo nuove isole e nuovi continenti. Esiste finalmente nell'interno della terra una sorgente di calore perenne, che la agita, ne spezza la superficie, la solleva e la deprime. Mano mano che le vecchie terre vengono sommerse, nuove terre si sollevano dal mare, per dare alimento a nuove generazioni di piante e d'animali, e fornire all'uomo una dimora conveniente.

268. Il nostro pianeta non è un'essere vivente, come una pianta od un animale; ma voi intendete nel caso, in quale senso si possa dire che vive. Appunto, il circolare dell'aria e dell'acqua, il rimutarsi dei mari e dei continenti, tutto questo sistema di movimenti, per cui la faccia del globo di continuo si distrugge e si rinnovella, può ben chiamarsi *vita della terra*.

FINE











3 0112 071334806

MANU

## (Serie Scientifica)

ASCOLI, *Matematica*  
 BALFOUR-STEWART-CANTONI, *Matematica*  
 FENZI, *Lezioni di Algebra*  
 FOSTER-ALBINO, *Matematica*  
 GEKKE-STOFFANI, *Geometria Analitica*  
 GEKKE-STOFFANI, *Geometria*  
 GROVE-GALETTI, *Geometria*  
 MÖCKEL-FEDICINO, *Algebra*  
 JEVONS-DI GIORGIO, *Logica*  
 LOCKYER-SCHIAPARELLI, *Matematica*  
 MALFATTI, *Geometria*  
 BOSCOZ-FAVESI, *Algebra*  
 TOZZI-GENTILE, *Geometria Analitica*

PREZZO L. 1,50

ogni volume

## (Serie Pratica)

LEPTIT R., *Manuale del Tronco* . . . . . L. 2,00  
 SALBA L., *Industria delle Seta* . . . . . L. 2,00  
 BEOTHE-COLOMBO, *Algebra, Aritmetica, ecc. (in  
 tre volumi)* . . . . . L. 3,00

È pubblicato

## MANUALE DELL' INGEGNERE

dal 1796

GIUSEPPE COLOMBO

con 113 illustrazioni ed una carta 8° Delle

Elegantezze tipografiche

L. 1,50